
MELJERIPROSESSIT JÄTEVEDEN KUORMITTAJANA

Valio Oy:n Joensuun tehtaan meijerilinjan jäteveden COD-kuorman taustaselvitys



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Visamäki, Syksy 2013

Hannu Eskola



VISAMÄKI

Bio- ja elintarviketekniikka

Meijeriteknologia

Tekijä

Hannu Eskola

Vuosi 2013**Työn nimi**

Meijeriprosessit jäteveden kuormittajana:
Valio Oy:n Joensuun tehtaan meijerilinjan jäteveden COD-
kuorman taustaselvitys

TIIVISTELMÄ

Meijerin jätevesien orgaanista kuormitusta seurataan mittaamalla niiden kemiallista hapenkulutusta (COD). COD-kuorman suuruus, suhteutettuna vastaanotettuun maitomäärään, on keskeinen kriteeri Valio Oy:n arvioi-
dessa ympäristövastuun toteutumista tehtaissaan. Tämä tukee myös meije-
riteollisuuden kansainvälistä tiedonjakamista ja ympäristösuojelun edistä-
mistä koskien käytettävää parasta mahdollista tekniikkaa (BAT).

Tässä työssä pyrittiin selvittämään syitä Joensuun Valion jäteveden meije-
rilinjan COD-kuormien vaihteluihin. Tavoitteen saavuttamiseksi asetettiin
viisi tutkimusongelmaa. Niiden ohjaamana selvitettiin jätevesien jakaan-
tuminen osastojen ja prosessien kesken sekä, tuotannon muutosten, maito-
raaka-ainehävikkien ja vuodenaikavaihteluiden vaikutusta COD-
kuormaan. Lisäksi selvitettiin johtokykymittausten toimivuutta. Vuosilta
2009–2012 koottu aineisto sisälsi tiedot pesujen ja tuotannon määristä se-
kä tehtaan laboratorion mittaustuloksista. Johtokykytietoja kerättiin yh-
teiskäsittelyn ja hera- ja jauheosastojen pesuista ja pesujen huuhtelut-
järjestelmästä. Aineistoa kerätessä haastateltiin tehtaan omia asiantunti-
joita selvityksen tueksi. Aineiston analyysin ja kirjallisuuden pohjalta teh-
tiin johtopäätökset COD-kuormaan vaikuttavista tekijöistä.

Jätevesien COD-kuormat olivat syntyneet pääosin prosessipesuista ja al-
kuhuuhteista. Kuormituksen jakaantumisessa ei havaittu merkittäviä eroja
yhteiskäsittelyn, maidon vastaanoton eikä hera- ja jauheosaston välillä.
Tuorejuusto-osaston osuus COD-kuorman kokonaismäärään arvioitiin vä-
häiseksi. Jätevesiä kuormittivat ensisijaisesti rasvaa ja valkuaisaineita si-
sältävät pesut ja huuhtelut ja pesukohteista erityisesti raakamaitosiilot,
haihdutin, kiteytystankit ja maidon vastaanotto. Työn aikana nousi esille
lisätutkimustarpeita. Saatujen tulosten pohjalta tehtiin myös toimenpide
ehdotuksia, joiden toteuttaminen voisi tukea COD-päästöjen hallintaa ja
vähentäisi inhimillisten virheiden mahdollisuutta.

Avainsanat COD, jätevesikuormitus, kemiallinen hapenkulutus, meijeri

Sivut

71 s. + liitteet 11 s.

VISAMÄKI

Degree Programme in biotechnology and food engineering

Dairy technology

Author

Hannu Eskola

Year 2013**Subject of Bachelor's thesis**Dairy Process as the loader of waste water:
Statement of COD load on waste water at Valio
Joensuu dairy line

ABSTRACT

The organic load of the dairy waste water is monitored by measuring the chemical oxygen demand (COD). In proportion to the received amount of milk the COD load quantity is a central criterion when Valio Ltd estimates the environmental responsibility in the plants. This is also related to international information sharing of dairy operators about the best available technology (BAT) to promote environmental protection.

The purpose of this thesis was to investigate the reasons for the variations in the COD load of the waste water in the dairy line at Valio Joensuu Plant. To find out this the division of the COD load of the waste water between departments and processes was examined. The changes in production, loss of raw material and the effect of seasonal variations on the COD load were also examined. In addition, the functionality of the conductivity measurements was studied. The data collected in the years 2009–2012 included information about the amount of washing and production and laboratory measurements of the factory. The information on conductivity measurements was collected from the washing and rinse collection system of different departments. The experts of the factory were also interviewed to support the statements. The data was analyzed and literature of the field was studied to draw conclusions on the factors affecting the COD load.

The results of the study show that the COD loads of waste water are mainly generated from process washing and pre-rinses. It was assessed that there were no significant differences of COD load between different departments. Only the cream cheese production department produced less COD load. The waste water was mainly loaded by primary washing and rinses containing fat and proteins. The washing of raw milk silos, the evaporator, crystallization tanks and reception of milk especially burdened the waste water. Further research needs were raised during the study. Based on the results of the thesis measures were proposed which could support controlling the COD load and reduce the possibility of human mistakes.

Keywords chemical oxygen demand, COD, dairy, load of waste water**Pages** 71 p. + appendices 11 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MEIJERITEOLLISUUDEN JÄTEVESIEN SYNTY JA LAATU	3
3	JÄTEVEDEN ORGAANISEN KUORMITUKSEN HALLINTA	6
3.1	Orgaaninen kuormitus	6
3.1.1	Biologinen hapenkulutus.....	6
3.1.2	Kemiallinen hapenkulutus.....	8
3.2	Toimenpiteet tuotantolaitoksella.....	8
3.3	CIP- kiertopesut	11
3.4	Ruokinnan vaikutus maidon koostumukseen	13
4	MEIJERITEOLLISUUDEN JÄTEVESILAINSÄÄDÄNTÖ.....	14
4.1	Yleinen lainsäädäntö	14
4.2	Ympäristölupa.....	15
5	JOENSUUN TEHTAAN MEIJERILINJAN JÄTEVEDET.....	16
5.1	Jätevesipäästöjen seuranta	16
5.2	Meijerilinjän jätevesien muodostuminen	18
5.2.1	Maidon vastaanotto.....	18
5.2.2	Yhteiskäsittely	20
5.2.3	Lastaukset.....	22
5.2.4	Heran ja jauheen valmistusosasto	22
5.2.5	Tuorejuuston valmistus	25
6	TYÖN RAJAUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	26
7	TYÖMENETELMÄT	29
7.1	Aineiston keruu.....	29
7.2	Aineiston analyysi.....	30
8	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI	32
8.1	Tuotannon ja COD-kuormituksen yhteys.....	32
8.1.1	Valmistusmäärät ja COD-kuormitus	32
8.1.2	Prosessipesut ja COD-kuormitus	34
8.2	Tuotannon ja COD-kuormitusten suhteuttaminen raakamaidon määrään	37
8.2.1	Vuosikohtainen vertailu	37
8.2.2	Kuukausikohtainen vertailu.....	40
8.3	Jätevesiin päätyvät hävikit.....	43
8.3.1	Maidon komponenttien hävikit suhteutettuna raakamaidon määrään ...	43
8.3.2	Inhimillisistä tekijöistä ja teknisistä vioista aiheutuvat hävikit	44
8.4	Pesujen ja COD-kuormien vertailu	46
8.4.1	Pesujen ja huuhteluiden määrät	46
8.4.2	Johtokyky mittaukset	47
8.4.3	Johtokyvyn ja pesujen määrän vertailu	47
8.4.4	Huuhdekeräilyn toiminta.....	50
8.4.5	Alkuhuuhteen lämpötilan ja pesuvirtauksen vaikutus COD-kuormaan.	50
8.5	Vuodenaikavaihteluiden vaikutus COD-pitoisuuteen.....	52

9	TUTKIMUSKYSYMYKSIIN VASTAAMINEN.....	55
9.1	COD-kuormitusta aiheuttavat jätevedet	55
9.1.1	COD-kuormitusten jakaantuminen osastojen kesken	55
9.1.2	Jätevesien muodostuminen eri prosesseissa	57
9.2	Tuotannon muutosten vaikutus COD-kuormaan	58
9.3	Tuotannossa tapahtuneiden hävikkien vaikutus COD-kuormaan.....	60
9.4	Vuodenaikavaihteluiden vaikutus COD-kuormaan	60
9.5	Alkuhuuhteen johtokyvyn yhteys COD-kuormaan.....	61
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	63
10.1	Jäteveden COD-kuormituksen vähentämisehdotukset	64
10.2	Jatkotutkimustarpeet	67
	LÄHTEET	68

Liite 1	Meijerilinjan jätevedeen vaikuttavien prosessien toimintakaavio
Liite 2	Jäteveden COD-kuorman määrät vuosina 2009–2012
Liite 3	Tuotannon ja pesujen korrelaatiot sekä Pearsonin neliöt
Liite 4	Jäteveden poikkeamaraportit vuosina 2011–2012
Liite 5	Pesukeskusten kautta toimivien pesujen lukumäärät vuosina 2009–2012
Liite 6	Johtokykymittaukset ja huuhdekeräilyn toimivuus
Liite 7	Termiset kaudet vuosina 2009–2012
Liite 8	Valio Oy:n päästötaulukon lähtötiedot

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana on ollut Valio Oy Joensuun meijerin pyrkimys omassa toiminnassaan edistää Valion vuosille 2012–2014 asettaman ympäristötavoitteen toteuttamista, jonka pyrkimyksenä on vähentää jätevesikuormitusta suhteessa vastaanotettuun maitomäärään. Tavoite vastaa ympäristösuojelulain edellyttämää toimintaa, jossa sovelletaan elintarviketeollisuudessa kansainvälisesti jaettua tietoa käytössä olevasta parhaasta tekniikasta. Tiedon jakamisen taustana on Suomen allekirjoittama EU:n (2008/1/EY) direktiivi ympäristön pilaantumisen ehkäisemisestä ja vähentämisestä. Vuosien 2012–2014 ympäristötavoitteena jätevesikuormituksen ja siihen liittyen myös jäteveden määrän pienentäminen on myös osa Valion kaikilta tuotantolaitoksiltaan edellyttämää toimintaa noudattaen kansainvälisesti hyväksytyjä, kestävästä kehitystä edistäviä standardeja. (Valio Oy 2012.)

Elintarviketurvallisuuden edellyttämästä hygieniasta johtuen meijeriteollisuuden käyttämät vesimäärät ovat suuret. Vettä kuluu ennen kaikkea jäähdytykseen sekä laitteistojen ja tuotantolinjojen pesuihin. Jäähdytyksessä käytetään pääsääntöisesti pintavettä, joka voidaan palauttaa jäähdytyksen jälkeen takaisin vesistöön, usein ilman esikäsittelyä. Herkästi pilaantuvan maidon ja maitotuotteiden turvallisuus vaatii puhtaan talousveden käyttöä silloin, kun puhdistettavat pinnat joutuvat kosketuksiin niiden kanssa. Tarkoituksenmukaisella veden kierrättämisellä voidaan vähentää puhdistuksessa käytettyjen jätevesien määrää ja kemikaalien oikealla annostuksella voidaan tehostaa pesutulosta.

Meijereiden jätevesien laatua seurataan mittaamalla biologista hapenkulutusta (BOD) ja kemiallista hapenkulutusta (COD). Biologisen hapenkulutuksen analysointi on aikaa vievä prosessi, tyypillisesti mittaustulosten aikaansaanti kestää 5 tai 7 vuorokautta. Bakteerien toimintaan perustuvana tapahtumana orgaanisen aineen hajoaminen on herkkä muun muassa happamuuden ja lämpötilan vaihtelulle. Kun meijerissä halutaan mahdollisimman reaaliaikaista ja olosuhteista riippumatonta tietoa jäteveden orgaanisen aineen pitoisuuksista, seurannan kohteena on kemiallinen hapenkulutus. Kemiallinen hapenkulutus on ollut tämän opinnäytetyön kiinnostuksen kohteena, koska se on myös Joensuun meijerissä päivittäisten jätevesien analysoinnin perusmittauksia jätevesivirtaamien kanssa.

Maidon sisältämät orgaaniset aineet, ja niistä erityisesti rasvat, proteiinit ja laktoosi, aiheuttavat jätevedeen päätyessään ympäristöhaittaa. Joensuun meijerin jätevedet johdetaan neutralointialtaalle juustolan ja meijerin jätevesilinjoja pitkin. Neutralointialtaalta jätevedet johdetaan kunnalliseen viemäriverkkoon. Meijerin jäteveden COD-kuorma on ollut nousussa vuodesta 2009 vuoteen 2011 ennen kuin kuorma vuonna 2012 lähti taas laskuun. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Valio Oy:n Joensuun tehtaan meijerilinjan tuottamien jätevesien kemiallisen hapenkulutuksen COD-kuormaan vaikuttavia tekijöitä ja määritellä COD-kuormaan vaikuttavat prosessit. Muita tavoitteita oli selvittää vuodenaikavaihteluiden vaikutus COD-kuormaan ja antaa mahdollisia kehittämisideoita jatkotoimenpiteitä varten.

Selvitystyön aineistona on ollut käytettävissä vuosien 2009–2012 aikana Joensuun Valion tuotantoa ja jätevesipäästöjä kuvaavat numeeriset tiedot. Keväällä 2013 kerättiin tietoja huuhe- ja pesuvesien sähköjohtokyvystä. Työ rajattiin koskemaan meijerin jätevesilinjaa ja siinä prosessista johtuvien jätevesikuormien muodostumista. Tälle jätevesilinjalle päätyvät maidon vastaanotossa, yhteiskäsittelyssä sekä heran jatkojalostuksessa syntyvät jätevedet. Lisäksi myös jauheen-, proteiinijakeen- ja tuorejuuston valmistuksen sekä näiden sivutuotteiden valmistukseen liittyvät jätevedet. Työskentelyn etenemistä tukivat ja tutkimuskohteen rajaamista auttoivat prosessi- ja tuotantovastaavien sekä tuotevalmistajien haastattelut. Haastattelujen käytännön asiantuntemus tarjosi opinnäytetyön tekijälle mahdollisuuden testata omien käsitystensä paikkansapitävyyttä.

Työn rajaamiseksi, aineiston analyysin tueksi ja tutkimustulosten jäsentämiseksi hankittiin teoreettista tietoa perehtymällä aiheesta julkaistuun kirjallisuuteen ja tutkimukseen sekä meijereiden käyttö lupa-asiapapereihin. Työn rajaaminen kiteytyi viideksi tutkimusongelmaksi. Niistä ensimmäinen kiinnittää huomion jätevesien muodostumiseen tuotannon eri vaiheissa ja tuotannon muuttuessa. Sitten tarkastelu kohdistuu aineen häviämättömyyteen perustuen siihen, mikä osa vastaanotetusta raakamaidosta sitoutuu tuotteisiin ja mikä osa on tavalla tai toisella hävikkiä ja missä tilanteissa hävikkiä syntyy. Viimeisissä tutkimusongelmissa selvitetään vuodenaikavaihteluiden vaikutusta jätevesikuormaan ja selvitetään huuhekeräilyyn toimivuutta johtokykymittauksia hyväksikäyttäen.

2 MEIJERITEOLLISUUDEN JÄTEVESIEN SYNTY JA LAATU

Meijeriteollisuuden jätevedet ovat ympäristöön päätyessä merkittävä ympäristöhaitta. Keskeiset syyt siihen ovat maidosta huuhtoutuneet orgaaniset aineet, pesukemikaalien käytöstä johtuvat pH:n vaihtelut, korkeat typpi- ja fosforimäärät sekä jäteveden lämpötilavaihtelut. (Lampi 2001). Jätevesien laatua tarkasteltaessa ne voidaan luokitella kolmeen ryhmään, jotka ovat jäähdytysvedet, saniteettivedet ja tuotantoprosessin jätevedet (Dairy processing handbook 2003, 433).

Meijeriteollisuudessa käytettävän jäähdytysveden määrä on suuri. Tuotantoprosessissa maidon raaka-aineen ja siitä prosessoitavien tuotteiden käsittely ja säilytys edellyttää pääsääntöisesti alhaista lämpötilaa. Toisaalta terveydelle haitallisten mikrobien toiminnan ehkäisy tai käsiteltävän aineen rakenteeseen vaikuttaminen vaativat hetkellistä kuumentamista ja sen jälkeen välitöntä, nopeaa jäähdyttämistä. Jäähdytysvedeksi kelpaa pintavesi, koska se ei yleensä joudu kosketuksiin käsiteltävien raaka-aineiden eikä valmistettavien tuotteiden kanssa. Se voidaan myös palauttaa käytön jälkeen takaisin vesistöön. (Dairy processing handbook 2003, 433.) Esimerkiksi Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen päätöksen mukaan Valio Oy Joensuun tehdas saa käyttää Pielisjoen vettä jäähdytykseen ja palauttaa likaantumattoman jäähdytysveden takaisin jokeen. Pielisjoen veden käyttö säästää jäähdytyksen aiheuttamia energiakustannuksia. Talvella jokiveden lämpötila on noin 2–3 °C. Jokeen palautuvan jäähdytysveden lämpötila on noin 8 °C. Kesällä jokeen palautuvan veden lämpötila on keskimäärin 2–3 °C korkeampi kuin jokiveden lämpötila. (Ympäristölupa 2004.)

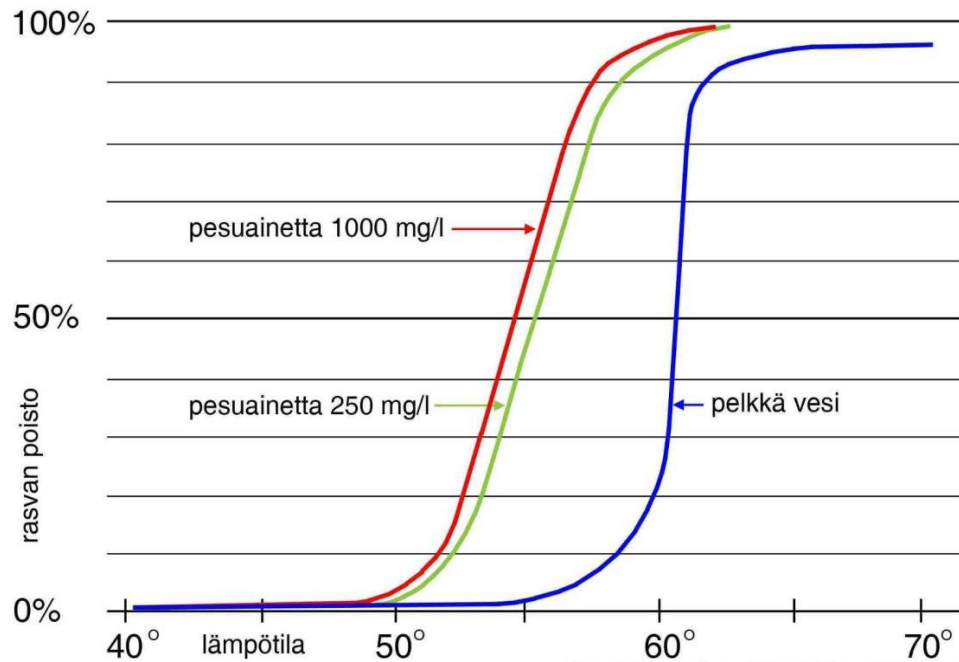
Saniteettivedet ovat viemäriin johdettavista jätevesistä niitä, jotka eivät ole tuotantoprosesseihin sidoksissa. Ne voidaan päästää suoraan kunnalliseen viemäriverkostoon tai sekoitettavaksi muihin meijerin jätevesiin. (Lampi 2001, 64.) Valio Oy Joensuun tehtaalla saniteettivedet johdetaan neutralointialtaaseen tehtaan muiden jätevesien joukkoon (Ympäristölupa 2004).

Raakamaidon ja siitä valmistettavien tuotteiden käsittelyssä muodostuvat jätevesipäästöt syntyvät kuljetuskaluston, tilojen, laitteistojen ja putkistojen pesusta. Meijereiden tuotantoon liittyvät jätevedet poikkeavat koostumukseltaan tavallisista yhteiskuntajätevesistä. Niitä ei johdeta yleiseen viemäriverkostoon ilman erityiskäsittelyä. Meijerin jätevesien määrään ja päästöjen laatuun vaikuttaa myös se, mitä tuotetaan. Pohjoismaiden meijereistä tehdyssä tutkimuksessa verrattiin muun muassa kauppamaidon, juuston ja jauheiden valmistuksessa muodostuneiden jätevesien määrää valmistukseen käytettyä maitolitraa kohti. Kauppamaidon valmistuksessa jäteveden määrä vaihteli välillä 0,9–1,4 litraa, juuston valmistuksessa 1,2–1,8 litraa ja jauheiden valmistuksessa 0,8–1,5 litraa. Saman tuotteen osalta havaittiin myös meijerikohtaisia eroja. (Lampi 2001, 131, 136.) Jäteveden laadun arvioinnissa keskeisiä kriteerejä ovat jäteveden aiheuttama biologinen ja kemiallinen hapenkulutus, fosfori, typpi ja kiintoaineet (Ympäristölupa 2004).

Elintarviketeollisuudelta vaadittavasta tuoteturvallisuudesta johtuen raakamaidon käsittelyssä, säilytyksessä ja jatkojalostuksessa on huolehdittava elintarviketeollisuuden edellyttämästä puhtaudesta ja hygieniasta. Puhdistuksen kohteena oleva laitteisto on ollut kosketuksessa maidon tai siitä valmistetun aineen kanssa. Pesuvesiin ja niiden mukana jätevesiin päätyy maidon aineosia. Raakamaidosta noin 13 % on kuiva-ainetta ja loput vettä. Kuiva-aineista rasva on pisaroitunut veden joukkoon liukenematta siihen. Proteiinit ovat huonosti veteen liukenevia, kun taas laktoosi on maidossa veteen liunneena. (Dairy processing handbook 2003, 2,19.)

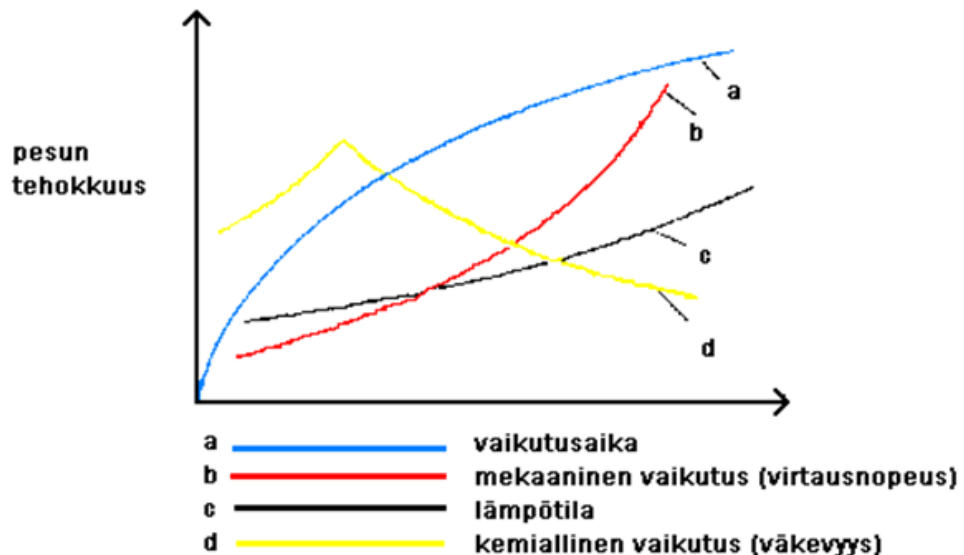
Se, missä suhteessa näitä aineosia on, riippuu tuotanto-ohjelmasta, käsittelymenetelmistä ja tuotantoprosessin vaiheesta sekä olosuhteista pesukohhteessa. Esimerkiksi pinnalla, jonka lämpötila on yli 60 °C, alkaa muodostua nopeasti maitokiveä, joka sisältää muun muassa kalsium- ja magnesiumfosfaattia, proteiineja ja rasvaa. Vastaavasti nopea pesu edistää puhtausta silloin, kun pinnat ovat kylmiä. Maidosta kylmälle pinnalle kertyvän kerroksen poistaminen vaikeutuu, kun pesu viivästyy. Pesutulosten parantamiseksi käytetään pesukemikaaleja. Niiden käyttö heijastuu myös jätevesien koostumukseen. (Dairy processing handbook 2003, 421–422, 433.)

Prosessissa tuotteiden kanssa kosketuksiin joutuvien pintojen puhdistuksessa kylmä, puhdas vesi on ensisijainen aine. Se mahdollistaa veteen huuhtoutuneiden aineiden kierrättämisen uudelleen tuotantoon, mutta talteenottoa ja kierrättämistä säätelevät aineosien kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Maidon rasvan talteen ottamista edistäisi kuumen veden käyttö, mutta jos lämpötila nousee 55 °C:een proteiinit alkavat koaguloidua. (Dairy processing handbook 2003, 422.) Pesutuloksen laatua maidosta peräisin olevan rasvalian poistamisen suhteen on tutkittu lämpötilan muuttuessa. On todettu, että paras pesutulos saadaan, kun lämpötila saavuttaa arvon 60 °C (kuvio 1). (Manninen & Nyman 2003, 26).



Kuvio 1. Pesuveden ja pesuainepitoisuuden vaikutus rasvan poistoon veden lämpötilan muuttuessa (MTT 2011)

Koska 55 °C lämpötila tuottaa jo riskin, että proteiinit kovettuvat astian seinämille, pesun tehokkuutta pyritään tehostamaan myös veden virtausnopeutta kasvattamalla sekä pesuaikaa jatkamalla ja pesuaineita lisäämällä. Kahden viimeisen keinon osalta rasvan poisto lisääntyy vain tiettyyn rajaan asti, kuten näkyy kuviossa 2. (Mäki 2010.)



Kuvio 2. Pesun tehokkuuteen vaikuttaminen (Mäki 2010)

3 JÄTEVEDEN ORGAANISEN KUORMITUKSEN HALLINTA

3.1 Orgaaninen kuormitus

Meijeriteollisuuden jätevesipäästöjen näkökulmasta keskeistä on tarkastella orgaanisen aineen kuormitusta. Jätevesissä hapettumisen seurauksia ovat vesistöjen rehevöityminen ja veden happipitoisuuden pieneneminen.

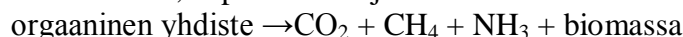
Biologisen hajoamisen saavat aikaan mikrobit, jotka käyttävät jäteveden sisältämiä aineita, kuten rasvoja, proteiineja ja hiilihydraatteja, ravinnokseen. Hapen läsnä ollessa tapahtuvassa aerobisessa reaktiossa mikrobitoiminta tuottaa sen tarvitseman ravinnon lisäksi hiilidioksidia ja vettä. Nämä reaktiot myös edistävät uusien happea sietävien mikrobien lisääntymistä. Hapettomissa olosuhteissa elävät bakteerit saavat aikaan reaktiota, joissa syntyy myös metaania. Pääasiallisesti kuolleista bakteereista koostuva biomassa on edelleen mikrobien ravintoa. (Prokkola & Kuokkanen 2011.)

Biohajoamista kuvaavat reaktioyhtälöt ovat seuraavat (Prokkola & Kuokkanen 2011.)

Aerobinen, hapellinen biohajoaminen:



Anaerobinen, hapeton biohajoaminen:



Täydellisesti hapettuvan orgaanisen aineen sisältämä hiili yhtyy happeen muodostaen hiilidioksidia ja vastaavasti vedyn reaktio hapen kanssa tuottaa vettä. Jos hapettuvan aineen kaava tunnetaan, voidaan reaktion aineen sisältämän hiilen hapettamiseen tarvittava happimäärä laskea. Happimäärästä, joka tarvitaan kaiken tutkittavan aineen hiilen hapettamiseksi hiilidioksidiksi, käytetään nimitystä teoreettinen hapenkulutus TOD. (Laukkanen, Hartikainen, Kostia & Rautio 2003.)

3.1.1 Biologinen hapenkulutus

Mittaamalla vesinäytteen biologinen hapenkulutus saadaan tietoa, kuinka paljon kuluu happea bakteerien hajottaessa orgaanisia aineita. On arvioitu, että suotuisissa olosuhteissa biologisessa hajoamisessa kuluva orgaanisesta aineksesta kolmannes kuluu bakteerimassan kasvattamiseen ja loput hapettuvat hiilidioksidiksi ja vedeksi. Hapen lähteenä on veteen liuennut happi. (Hach, Klein & Gibbs 1997.)

Määritettäessä biologisen hapenkulutuksen suuruutta mitataan tietyllä aikavälillä, esimerkiksi viiden vuorokauden aikana, bakteeritoimintaan kuluksen hapen määrää. Kulutus ilmaistaan kertomalla, kuinka monta milligrammaa hapetta alkuperäinen vesinäyte on kuluttanut. Viidessä vuorokaudessa bakteeritoiminnan vaikutuksesta hapettuvat pääsääntöisesti veden liukenevat orgaaniset aineet, kuten sokerit. (Hach, Klein & Gibbs 1997.)

Biologisen hapenkulutuksen mittaaminen sisältää monia epävarmuustekijöitä. Hapettuminen perustuu bakteeritoimintaan. Bakteerien kasvu on aika- ja olosuhteiden muuttuessa ja kasvuun vaikuttavien tekijöiden kontrollointi on usein vaikeaa. Jätevesiin päätyvän aineen hapettuminen on kuitenkin pääsääntöisesti epätäydellistä, ja muodostuvat hajoamistuotteet ovat usein ympäristölle lähtöaineita haitallisempia. Viiden vuorokauden aikana biologinen hapenkulutus ei ole koskaan täydellistä, mutta samaa voidaan sanoa, vaikka seuranta-aika olisi 20 päivää. Olosuhteiden, kuten lämpötilan, lisäksi bakteeritoimintoa häiritseviä tekijöitä ovat vedessä olevat muut aineet, kuten kloridit. (Hach, Klein & Gibbs 1997.)

Todellista aineen biohajoavuutta määriteltäessä mitataan biologisen hapenkulutuksen BOD ja teoreettisen hapenkulutuksen suhde. Suhde on alle yksi silloinkin, kun kyseessä on helposti hajoava orgaaninen aine. Esimerkiksi helposti biohajoavan aineen BOD-arvo jää pienemmäksi kuin sen TOD-arvo, koska glukoosia hajottavat mikrobit käyttävät sen hiilestä osan uuden biomassan muodostamiseen. (Laukkanen ym. 2003.)

3.1.2 Kemiallinen hapenkulutus

Hapen kulutus on hyvä indikaattori seurattaessa orgaanisen jätteen määrää jätevesissä. Normaalisti jätevesien laatua seurataan mittaamalla sekä biologista hapenkulutusta BOD että kemiallista hapenkulutusta COD. Elin-tarviketuotantolaitoksissa, kuten meijereissä, jatkuva seuranta tapahtuu ensisijaisesti kemiallisen hapenkulutuksen mittaamisella. Keskeisiä syitä tähän valintaan on kaksi. Ensinnäkin COD-mittaukset ovat nopeita verrattuna BOD-mittauksiin, jotka voivat menetelmästä riippuen kestää 5 tai 7 vuorokautta. COD-mittausten kesto on vain kaksi tuntia. Lyhytkestoisen testin ansiosta mahdolliset häiriöt voidaan rekisteröidä lähes reaaliaikaisesti. Toinen syy COD-mittausten keskeisyyteen meijereissä on testin stabiilisuus koeolosuhteiden muuttuessa. Tämä perustuu voimakkaan hapettimen käyttöön, joka jätevesimittauksissa on tavallisesti kaliumdikromaat-ti. Biologisessa hapenkulutuksessa mikrobikannassa tapahtuvat muutokset vaikuttavat mittaustuloksiin. (Rausch & Powell 1997.)

Mitattaessa samasta jätevedestä sekä BOD että COD jälkimmäinen antaa yleensä suuremman mittaustuloksen. Voimakkaan hapettimen käytön ansiosta lähes kaikki orgaaninen jäte voidaan hapettaa. Biologisen hapenkulutus osalta orgaanisen aineksen hapettuminen on valikoituneempaa. Myös jotkut jätevesiin joutuvat aineet, kuten typpi- ja kloridiyhdisteet, voivat estää mikrobien toimesta tapahtuvan hapettumisen. (Rausch & Powell 1997.)

3.2 Toimenpiteet tuotantolaitoksella

Meijerin jätevesien johtaminen kunnalliseen viemäriverkostoon voi tapahtua ilman meijerin sisäistä esikäsittelyä tai sen jälkeen. Oman jätevedenpuhdistamon omaava laitos voi saada luvan johtaa käsittelemänsä vedet suoraan vesistöön (Meloni 2005). Vastaava voidaan tehdä käytetylle vedelle, mikäli se ei ole likaantunut käytön aikana. Esimerkiksi Valion tuotantolaitoksista kolme johti jäähdytys-, lauhdutus- ja lauhdevesiä suoraan vesistöön vesioikeuden luvalla ja yksi laitoksista ympäristöluvalla. Jäähdytysvesien lämpötilaa säädellään lämmönsiirtimien avulla ennen vesistöön päästämistä. Päästötarkkailuissa ei tullut esille vesistöön johtamisesta aiheutuneita haittoja. Muiden jätevesien suhteen Valion laitokset yhtä lukuun ottamatta on liitetty kunnallisiin jätevesipuhdistamoihin. (Ympäristövastuuraportti 2012.)

Meijereissä jätevesien esikäsittelyyn kuuluvia toimenpiteitä ovat tyypillisesti neutralointi, rasvan erotus, kiintoaineen erotus selkeyttämällä ja suodattamalla, biologiset menetelmät ja jäteveden esi-ilmastus. Valio Oy Riihimäen meijerissä, jossa ei tehdä jäteveden esikäsittelyä, meijerin jätevedet tulevat erillisviemäriä pitkin jätevedenpuhdistamolle esikäsiteltäväksi ennen varsinaista puhdistusoperaatiota. Puhdistamo hyödyntää meijerin jätevesien orgaanista ainesta metanolin korvaavana hiililähteenä jäteveden typenpoistossa. (Karinen 2006, 24–25.)

Veden kulutusta pienentämällä voidaan vaikuttaa myös meijeristä lähtevän jäteveden määrään. Veden kulutuksen pienentämisessä käytettäviä keinoja ovat muun muassa veden virtausnopeuden säätämiseen asennetut liittimet, veden korvaaminen paineilmalla, veden kulutusta mittaavien mittareiden asentaminen laitteistoihin, puhdistuskäytäntöjen ja vesivuotojen välitön korjaus. Veden kulutuksen vähentämisessä keskeistä on veden kierrättäminen aina, kun se on mahdollista toteuttaa ilman riskiä heikentää tuotteiden laatua ja elintarviketeollisuudelta vaadittavaa hygieniatasoa. Tähän sopii esimerkiksi lauhduttamista ja haihdutuksista vapautuva sekundaarivesi ja käänteisosmoosista kerätty vesi. (Lampi 2001, 86–87.)

Jätevesipäästöjen vähentämisessä keskeisiä ratkaisuja ovat ne, joilla minimoidaan jätevesi vuodot. Toimivia tuloksia on saatu sekoitusventtiilien sijoittamisella kahden vierekkäisen, nestelukolla varustetun putken yhteyteen. Venttiilien välissä oleva viemäriallas on avoin. Ratkaisu mahdollistaa sen, etteivät putkissa virtaavat nesteet pääse toistensa kanssa kosketuksiin. Tuoteturvallisuudesta huolehtiminen paranee ja putkiston puhdistus tulee joustavaksi. Muita hyväksi koettuja mahdollisuuksia pienentää jäteveden määrää ovat viemäriputkiin asennetut optiset anturat, ylitäytön estävät ratkaisut kuten automaattiset sulkimet sekä säiliöiden ja putkistojen kaltevuudesta huolehtiminen, millä voidaan parantaa niiden tyhjennyksiä. (Lampi 2001, 87–89)

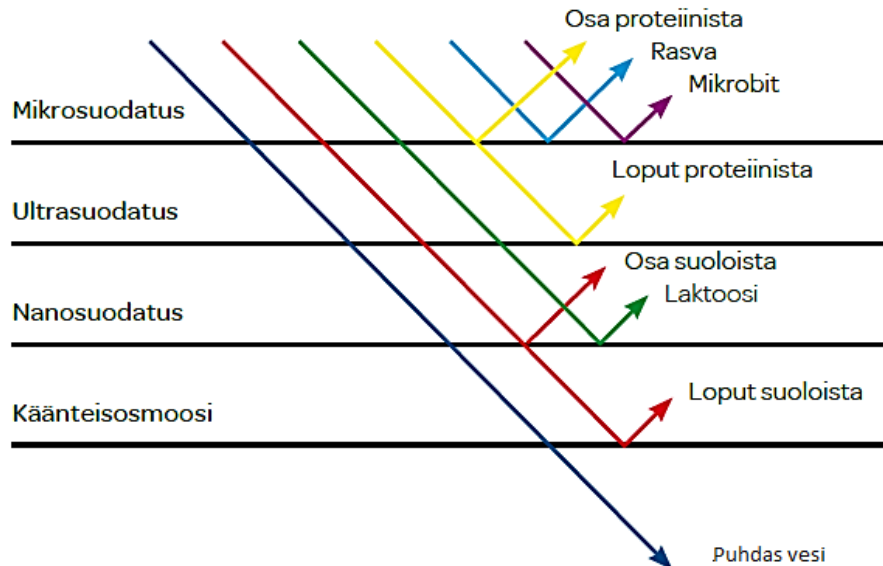
Jäteveden sisältämä rasva tarttuu helposti putkistojen seinämiin vaikeasti puhdistettavaksi aineeksi. Rasvapäästöt kannattaa saada pois mahdollisimman tarkkaan ennen jätevesiä keräävää neutralointiallasta. Mikäli se ei onnistu, on varauduttava altaan toimintaa häiritseviin ongelmiin. Rasvan erottamiseksi tyypillisiä menetelmiä ovat vaahdotus ja rasvanerotuskaivon käyttö. Vaahdotuksessa jäteveden joukkoon lisätään rasvaa sitovia hiutaleita. Vaahdon pinnalle muodostunut liete voidaan kerätä pois ja hyödyntää esimerkiksi biokaasun tuottamisella. Menetelmän haittapuolena on tarvittavien kemikaalien käyttö. Rasvan erottamisen suhteen menetelmä on osoittautunut tehokkaaksi. Jäteveden rasvasta on saatu poistettua yli 90 % ja sen seurauksena on mitattu noin 40 %:n alenema viemäritävän jäteveden biologisessa hapenkulutuksessa. (Lampi 2001, 89.)

Kokoamalla jätevedet neutralointialtaaseen ennen niiden johtamista kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle voidaan säädellä ja tasata jätevesien happamuutta. Altaan kokoa kasvattamalla voidaan vähentää pH:ta säätelevien kemikaalien määrää. Toimiva ratkaisu on myös kahden neutralointialtaan systeemi. Se mahdollistaa toisen neutralointialtaan käytön jatkuvuuden myös silloin, kun toinen allas tyhjennetään esimerkiksi altaaseen kertyneen lietteen poistamiseksi. (Lampi 2001, 89.)

Meijerin sisällä erilaiset tuotantoprosessit aiheuttavat eroja jätevesien määrään ja koostumukseen, mutta kaikkien tuotteiden valmistuksessa keskeistä on minimoida jätevesipäästöjä aiheuttavat tuotetehävikit. Maitoraaka-aineiden siirrossa muodostuvien jätevesien biologista hapenkulutusta on voitu pienentää käyttämällä apuna johtokykymittareita. Mittareihin kytkeytyillä optisilla antureilla voidaan seurata tuotteen ja jäteveden rajapintaa.

Menetelmän hyödystä on raportoitu muun muassa maitohävikin pienene-
misenä. Muita hävikkiä pienentäviä ratkaisuja ovat tuote-/vesiseosten tal-
teenotto jatkokäsittelyä varten. Esimerkkinä tästä on maitoa tai kermää si-
sältävän huuhteen kuivaaminen jauheeksi. Vastaavasti tuotevaihtojen siir-
tymä voidaan hyödyntää tarkoituksenmukaisella suunnittelulla, kuten
maustamattoman jogurtin vaihdolla maustetuksi jogurtiksi. Käytettäessä
niin sanottua komponenttitäyttöä tekniikka mahdollistaa lyhyiden tuotesar-
jojen valmistamisen ilman merkittävää hävikin kasvua. Komponenttitäyttö
vähentää myös välivarastointia ja puhdistustarpeita. Tästä on kyse, kun
maidon toivottu rasva saadaan sekoittamalla erillisistä täyttöputkista tule-
vaa kuorittua maitoa ja kermää. (Lampi 2001, 94–96.)

Laktoosin erottaminen heran kuiva-aineeksi voidaan toteuttaa suodatta-
malla heran raaka-aine nanosuodattimella, joka päästää lävitse veden ja
suolat. Suodattimen läpi kulkeutunutta vettä voidaan käyttää puhdistuk-
seen sen jälkeen, kun siitä on poistettu suola käänteisosmoosiin perustu-
valla suodatuksella. Tämä niin sanottu RO-vesi on käyttökelpoista vettä
puhdistettaessa ultrasuodattimeen kerääntynyttä proteiinia. RO-veden mu-
kana suodatinkalvolle jäävät laktoosi ja kivennäisaineet. (Lampi 2001,
100–107.) Kuvio 3 esittää kalvosuodatusmenetelmien erotuskyvyn hyö-
dyntämistä meijereissä. Näin raaka-aineen koostumusta voidaan jakaa tuo-
tevalikoiman monipuolistamista varten, rajaten samalla jätevesipäästöjä.
Esimerkkinä tästä kehityksestä on proteiiniheran valmistus, kun aikai-
semmin heran jatkojalostus on painottunut laktoosiin. (Niittynen & Tossa-
vainen 2010.)



Kuvio 1. Kalvosuodatusmenetelmien erotuskyvyt (Niittynen & Tossavainen 2010, 5)

Herajauheen valmistusta varten haihdutetaan herasta vettä. Kierrättämällä ja puhdistamalla tätä niin sanottua tuotekondensaattia, veden kulutus ja jäteveden päästökuorma pienenevät. Kierrätyskohteita ovat esimerkiksi höyryn tuottaminen tai esi- ja välihuuhtelussa käytettävä sekundäärivesi, happo- ja emäspesujen pesuliuos sekä maitosiilojen ulkopintojen pesuvesi. Tuotekondensaatin laadun arvioinnissa voidaan käyttää apuna johtokyky-mittareita. (Lampi 2001, 111–115)

Laitteistoon mahdollisesti jääneen puhdistusliuoksen poistuminen varmistetaan loppuhuuhdella. Mikäli CIP-keskukseen palautuva loppuhuuhde on riittävän puhdasta, sitä käytetään alku- ja välihuhteena. Tämä säästää vettä ja alentaa jäteveden päästökuormaa. (Lampi 2001, 116–118.)

3.3 CIP- kiertopesut

Veden kierrätys on keino vähentää veden kulutusta ja jätevesipäästöjä. Meijeriteollisuudessa CIP (Cleaning in Place) on laajasti käytössä oleva suljettu kiertopesu, jossa puhdistus etenee automaattisesti pesuohjelman mukaan. Puhdistettavia laitteita purkamatta elintarvikkeiden kanssa kosketuksissa olleet pinnat joutuvat kosketuksiin puhdistus- ja desinfiointiaineiden kanssa. Pesuainevalinnoissa suositetaan vaahtoamattomia aineita. Se, millaista likaa pestävässä kohteessa on, vaikuttaa siihen, suoritetaanko prosessissa happo- vai emäspesu vai niiden yhdistelmä. Suurin osa CIP-kiertopesujen käyttämisestä pesuliuoksista ohjataan talteen käytettäväksi myöhemmin uudelleen. Ainoastaan likaisimmat pesuvedet ohjataan viemäriin. (Dairy processing handbook 2003, 109–110, 424–426.)

CIP-kiertopesutekniikoista käytössä on useita. Yksinkertaisimmassa kiertopesujärjestelmässä kiertopesu suoritetaan yhden pesutankin kautta. Tässä järjestelmässä pesuaine panostetaan pesuohjelman mukaisesti pesuvaihe kerrallaan ja ohjataan tankista putkistoja ja pumppuja käyttäen pestävään kohteeseen. Tämän kaltaisessa järjestelmässä on vaikea saada talteen pesuaineita uudelleen kierrätettäväksi. Osittain pesuveden talteen ottavassa CIP-kiertopesujärjestelmässä, jossa on pesuaine- ja huuhtelusäiliö, kaikki pesuvedet ohjataan viemäriin pesun loputtua. (Itäsola 2007; Dairy processing handbook 2003, 424-426.)

Kaksivaiheinen CIP-pesujärjestelmä toimii pesukeskuksen kautta. Tällöin alku- ja loppuhuuhteille sekä emäs- ja happopesuliukoille on erilliset tankit. Pesuainetankkien pinnan- ja lämpötilansäätö sekä pesuainepitoisuus ohjataan automaation avulla. Pesuliuos uusiutuu pesutapahtuman yhteydessä, kun ensimmäisenä muodostuva likainen liuos ohjataan viemäriin ja sen jälkeen tulevaan liuokseen annostuu automaattisesti säädetty pesuaine ja pesuainepitoisuus. Varsinainen pesu alkaa kuumalla emäsluoksella, joka huuhdellaan ennen kuumaa happopesua. Happopesuliuos ohjataan säädetyn johtokyvyn mukaan joko viemäriin tai takaisin tankkiin, puhdas loppuhuuhte ohjataan takaisin alkuhuuhteeksi. Myös muunlaisia pesuohjelmia on käytössä. (Dairy processing handbook 2003, 21,109-110, 424–426.)

Alkuhuuhtelun tehtävänä on poistaa pestäviltä pinnoilta veden avulla irtuvat kiintoaineet. Alkuhuuhteluvetenä käytetään yleensä muiden pesuvaiheiden pesuvesiä, kuten loppuhuuhteen. Tämä vähentää huomattavasti veden kulutusta. Emäspesuvaiheen tehtävänä on irrottaa mahdolliset rasva- ja proteiinijäämät pestäviltä pinnoilta. Yleisimmin käytetään lipeäpohjaisia emäspesuaineita, ja lisäksi emäspesulämpötilan on hyvä olla noin 80 °C. Emäspesuliuksen vahvuus on yleensä noin 1–2 prosenttia. Välihuuhtelussa poistetaan kohteeseen jääneet emäspesujäämät. Välihuuhteluveden on oltava aina puhdasta. Happopesun tarkoitus on poistaa viimeiset emäspesun jäämät, samoin myös mahdolliset mineraalikerrostumat pestävien kohteiden seiniltä. Loppuhuuhtelun tarkoitus on puhdistaa pestävä kohde mahdollisista pesuainejäämistä. Loppuhuuhtelussa käytetään kylmää ja mahdollisimman puhdasta vettä. Loppuhuuhtelun jälkeen on mahdollista käyttää vielä, pesukohteesta riippuen, desinfiointia. (Itäsola 2007; Dairy processing handbook 2003, 424-426.)

Mekaanisen pesutehon takaamiseksi veden virtauksen tulisi olla turbulenttinen ja virtausnopeuden yli 1,5 m/s. Laitteistossa on virtausta häiritseviä osia ja siksi virtausnopeus säädetään yleensä raja-arvoa suuremmaksi. Tällä varmistetaan myös se, että pesuneste levittyy pestävää laitteeseen hyvin ja lisäksi pesunesteen mekaaninen vaikutus on riittävä. (Arpiainen, Salo & Wirtanen 2002, 111.)

3.4 Ruokinnan vaikutus maidon koostumukseen

Meijerin jäteveteen vaikuttaa oleellisesti myös maidon koostumus. Lehmien ruokinta vaikuttaa maidon määrän lisäksi myös maidon koostumukseen. Sisäruokinnasta laidunruokintaan siirryttäessä meijerimaidon koostumuksessa tapahtuu pieniä muutoksia. Yleensä rasvapitoisuus pienenee hieman vähemmän kuin valkuaispitoisuus. Rasvapitoisuus on yleensä pienin elokuussa. Sisäruokinnan alkaessa syksyllä rasvan ja valkuaisen määrät nousevat. Laidunravinnon laatu ja rehujen koostumus ovat riippuvaisia kasvukauden sääolosuhteista. Tiedetään esimerkiksi, että säilörehun korjuun viivästyminen vaikuttaa maidon valkuais- ja rasvapitoisuutta alentaen tai että puna-apila on maidon rasvakoostumusta muuttavaa ainetta. (Heikkilä 2006.) Jos laitumella on ulkoruokintaan siirryttäessä vain vähän syötävää, maidon koostumuksessa ei tapahdu muutosta. Tiedetään myös, että nurmirehun korjuuhetki on lehmän ruokinnan suhteen merkittävä tekijä (Huhtanen 1998, 37) ja että kolea ja kostea syyskesä heikentää nurmien laatua (Suvitie 1998, 42).

4 MEIJERITEOLLISUUDEN JÄTEVESILAINSÄÄDÄNTÖ

4.1 Yleinen lainsäädäntö

Elintarviketeollisuudelle tyypillisesti meijerissä muodostuu jätevesiä raaka-aineiden käsittelyssä, prosessien aloituksissa ja lopetuksissa sekä pesuissa. Näiden jätevesien ympäristövaikutusten arvioinnissa keskeisiä muuttujia ovat kiintoainekuormat, hapenkulutus, happamuuden vaihtelut sekä fosfori- ja typpipitoisuudet.

Elintarviketeollisuuden aloista meijerit lukeutuvat niihin aloihin, joiden jätevesien rasvapitoisuudet ovat korkeita. Jos elintarvikeyrityksen toiminta edellyttää ympäristönsuojelulain mukaista ympäristölupaa, yrityksen on esikäsiteltävä jätevetensä ennen niiden johtamista kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon. Elintarvikeyrityksen ja puhdistamon välisellä teollisuusjätevesisopimuksella määritetään yrityksen puhdistamolle johtamien jätevesien määrä ja laatu. Meijereistä ne, joiden maidon vastaanottokapasiteetti on vähintään 30 miljoonaa kilogrammaa vuodessa, tarvitsevat ympäristöluvan (YSA 18.2.2000/169). Joensuun Valiolla vastaanotetun maidon vuosimäärä ylittää rajan. (Karinen 2006, 7–8,14–15.)

Meijeriteollisuus on Euroopan neuvoston asettaman ja vuonna 1996 voimaan tulleen IPPC-direktiivin alaista toimintaa. Direktiivin alaiset teollisuustoimijat ovat velvollisia tekemään viranomaisten kanssa yhteistyötä ympäristön pilaantumisen vähentämiseksi. Direktiivi koskee niitä meijeriteollisuuden toimijoita, joiden vastaanotettu maitomäärä ylittää 200 000 t/vrk vuosittaisen keskiarvon perusteella laskettuna. (Euroopan neuvoston direktiivi 2008/1/EY.)

BAT-tekniikka sisällytettiin vuonna 1996 voimaan tulleeseen IPPC-direktiiviin. Suomen ympäristölainsäädännön (86/2000§3) mukaan BAT-tekniikalla tarkoitetaan:

”Mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito- sekä käyttötapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä”

Suomessa BAT- tekniikan dokumentoinnista ja dokumenttien kansainvälisestä koordinoinnista vastaa Suomen ympäristökeskus (Valtion Ympäristöhallinto 2013).

4.2 Ympäristölupa

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttaville toiminnoille tarvitaan ympäristösuojelulain mukainen lupa. Ympäristöluvassa määritetään toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä. Luvan saanti edellyttää, ettei toiminnasta aiheudu ympäristölle pilaantumista tai sen merkittävää vaaraa. (Valtion Ympäristöhallinto 2013.)

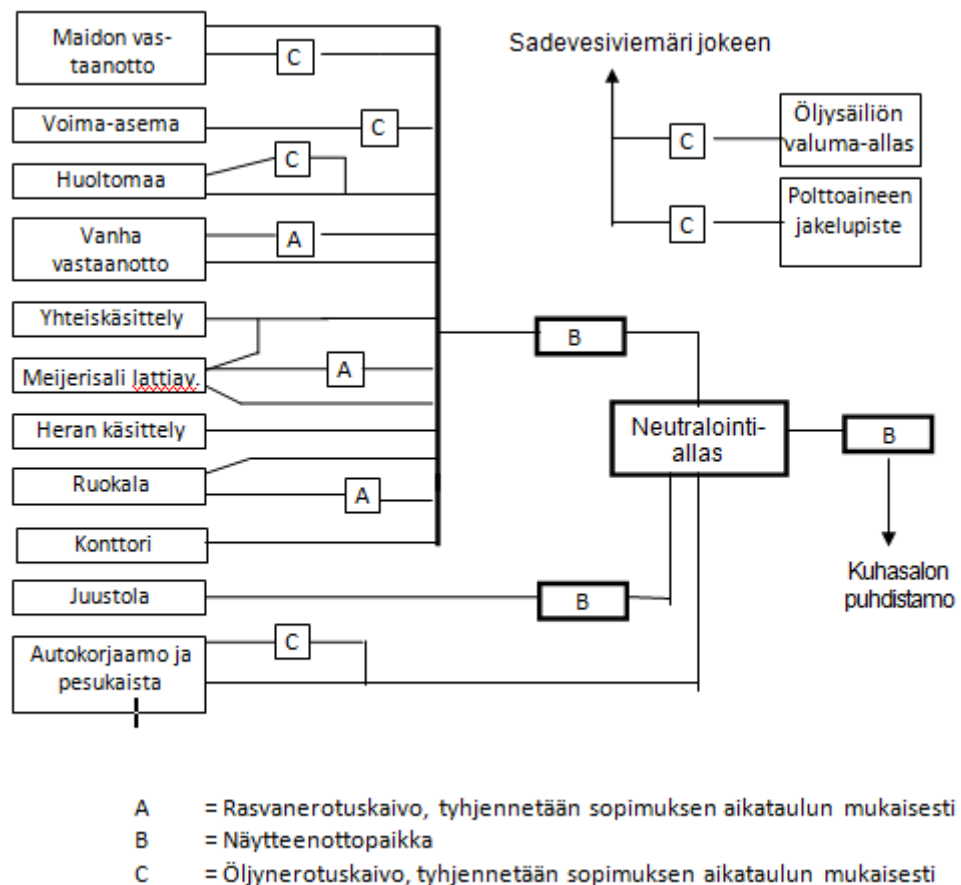
Jätevesien johtaminen tehtaalta pois on luvanvaraista toimintaa. Ympäristöluvun saanti edellyttää, että luvan hakija pystyy esittämään arvionsa parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta omaan toimintaansa. Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla BAT viitataan tässä EU-komission määrittelemään toimintaan, jonka tavoitteena on rajoittaa ympäristön pilaantumista aiheuttavia päästöjä. Ympäristösuojelulain mukainen lupa käytännössä tieto parhaista käytössä olevista tekniikoista perustuu kunkin teollisuusalan ja viranomaisten väliseen tietojen vaihtoon ja vaihdon tuloksena julkaistuihin vertailuasiakirjoihin. (Jouttijärvi 2011.)

Meijeriteollisuuden ympäristölupaan määritetään toimintaa koskevat luvat, sopimukset, laitoksen sijaintipaikka ja ympäristö. Ympäristöstä määritellään läheiset vesistöt, ilmanlaatu, maaperä ja pohjavesi alueiden sijainti sekä liikennekuormitus. Lupaan kirjataan laitoksen toiminnan prosessikuvaus, käytetyt kemikaalit ja niiden varastointi. Lisäksi kirjataan veden- ja energian hankinta ja käyttö sekä energiatehokkuus. Ympäristön kuormituksesta ja sen rajoittamisesta kirjataan jäteveden päästöt viemäriin sekä päästöt ilmaan, maaperään tai vesistöön. Luvassa määritellään myös melusta tai tärinästä aiheutuvat ympäristövaikutukset sekä jätehuollon toimivuus. Lisäksi määritetään toimijan päästötarkkailu ilman, jätteiden, jäteveden ja päästöjen suhteen sekä toiminta mahdollisessa poikkeustilanteessa. (Ympäristölupa 2004.)

5 JOENSUUN TEHTAAN MEIJERILINJAN JÄTEVEDET

5.1 Jätevesipäästöjen seuranta

Joensuun Valiolla seurataan jäteveden virtaamaa, kemiallista hapenkulutusta (COD) ja jäteveden sisältämiä kiintoaineita päivittäin. Ympäristöä kuormittaviin ongelmiin pyritään puuttumaan heti, kun niitä ilmenee. Mitaukset palvelevat myös kustannustehokkuudesta huolehtimista. Meijerin jätevesien käsittelystä aiheutuvat kulut Valio on velvollinen maksamaan voimassa olevien sopimusten mukaisesti (Ympäristölupa 2004). Virtaaman, hapenkulutuksen ja kiintoaineiden lisäksi jätevesien seurantaan kuuluvat veden määrä, lämpötila ja happamuus. Prosesseissa syntyneet jätevedet käsitellään neutralointialtaassa ennen kuin ne johdetaan Joensuun kaupungin jätevesilaitokselle, Kuhasalon puhdistamolle. Tehtaan pysyvä jäteveden seurantapiste sijaitsee neutralointialtaasta lähtevässä poistoputkessa. Tehtaan sisäisen kontrollin vuoksi otetaan kaksi näytettä juustolan ja meijerirakennuksen jätevesilinjoilta päivittäin. Kuviossa 4 jätevesinäytteen ottopaikat on merkitty kirjaimella B.



Kuvio 2. Jätevesien kulku Valio Oy:n Joensuun tehtaalla (Valio Oy 2013)

Neutraloinnin jälkeinen kalibroitu näytteenottopiste, joka on ympäristöluvassa määritelty viralliseksi näytteenottopaikaksi, kerää kokoomanäytteen automaattisesti joka arkipäivä ja kerran viikonlopun aikana. Näyte analy-

soidaan tehtaan laboratoriossa. Samoin toimitaan kahden kontrollipisteen suhteen. Kemiallisen hapenkulutuksen COD_{cr} osalta noudatetaan standardia SFS 5504:1988. Muut seuranta-arvot mitataan säännöllisen kalibroinnin piirissä olevilla mittareilla.

Viralliset näytteiden COD-arvot raportoidaan Joensuun Vedelle kerran kuukaudessa. Joensuun Vesi ottaa ennalta ilmoittamatta 24 kertaa vuodessa jätevesinäytteen, jonka se toimittaa Joensuun kaupungin akkreditoitulle elintarvike- ja ympäristölaboratoriolle analysoitavaksi. Tutkittavat päästöt ovat kiintoaineen määrä (SFS-EN 872:1996), biokemiallinen hapenkulutus BOD_{7-atu} (SFS-EN 1899-1:1998), kokonaisfosfori (KEMV106), kokonaistyppi (SFS 5505:1998) ja kemiallinen hapenkulutus COD_{cr} (SFS 5504:1988).

Jätevesistä tehdyt analyysit kirjataan päivittäin SAP- ja MMC-varastoinnin ja ohjauksen kirjausjärjestelmiin ja näin ollen tulokset ovat prosessien käytettävissä. Neutraloinnin jälkeinen virallinen näytteenotto-piste ja kontrollipisteet piirtävät jatkuvatoimisena näytölle jäteveden COD-kuorma. Meijerirakennuksessa tämä käyrä on nähtävillä heranvalmistus-osaston valvomon näytöllä. Yhteiskäsittelyn päivystykseen tulee hälytys, mikäli meijerilinjan jäteveden COD-kuorma ylittää automaattisessa mittauksessa ennalta määritellyn arvon. MMC-järjestelmään on kirjattava poikkeamailmoitus tapahtuneesta. Poikkeamaraporttiin kirjataan myös mahdollinen syy, mikäli se on tiedossa. Jos tiedossa on, että viemäriin on laskettu poikkeavia määriä raakamaitoa, tuotetta tai pesukemikaaleja, lasketaan vuodon aiheuttama COD-kuorma. Jos laskelma ylittää määritetyt raja-arvot, asiasta tiedotetaan heti Joensuun Vedelle ja tehtaan ympäristövas-taavalle. (Ympäristölupa 2004; Valio Oy 2013.)

Joensuun Valion ympäristölupa asettaa seuraavia vaatimuksia viemäriin johdettavalle jätevedelle (Ympäristölupa 2004):

- viemäriin joutuvan jäteveden määrien ja haittavaikutuksien minimointi
- maitoainepäästöjen vähentäminen tekniikkaa hyödyntämällä
- jäteveden pH:n vaihteluväli 6,0–11,0
- jäteveden lämpötilan maksimi 35 °C
- viemäriin johdettava jätevesi ongelmajätteistä vapaa
- jätevesien jatkokäsittelyä vaikeuttavien ongelmien eliminointi
- neutralointialtaalla käytettävän hapon ja emäksen viemäroinnin mini-mointi
- jätevesien asianmukainen esikäsittely ennen jätevesilinjaan päästämistä
- merkittävistä panosluonteisista päästöistä ilmoittaminen etukäteen jäteveden puhdistamolle
- neutralointialtaan toimintaan ja jäteveden laatuun liittyvät mittaus- ja näytteenottomenetelmät sekä muut jäteveden esikäsittelymenetelmät asianmukaisessa kunnossa ja huollon sekä kalibroinnin piirissä

5.2 Meijerilinjan jätevesien muodostuminen

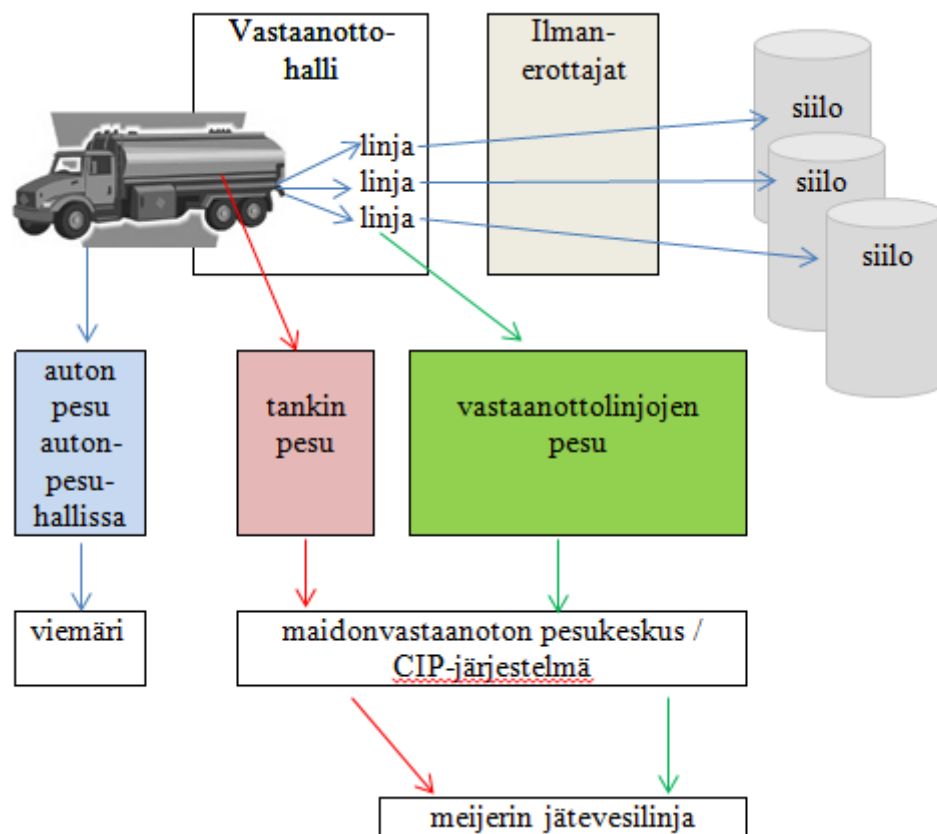
Joensuussa Valion jätevesien päälinjat ovat meijerin ja juustolan jätevesilinjat. Näistä linjoista tulevat jätevedet yhdistyvät neutralointialtaassa, josta ne johdetaan kunnallista jätevesilinjaa pitkin Joensuun Veden Kuhasalon puhdistuslaitokselle (kuvio 4). Meijerilinjan jätevesi sisältää tehtaan meijerirakennuksen, voima-aseman, huoltomaarakennuksen, vanhan vastaanoton, ruokalan ja toimistorakennuksen jätevedet. Meijerirakennuksessa on maidon vastaanotto, yhteiskäsittely, heran jatkokäsittely ja jauhetehtädas sekä tuorejuuston valmistus (kuvio 4). Lisäksi meijerirakennuksessa on kypsytettyjen juustojen varastointi, pakkaustarvikevarastointi ja laboratorion toiminnot. Suurimmat jäteveden kuormituksen aiheuttajat ovat tuotteiden valmistusprosessit.

Suurin osa meijerilinjan jätevesistä tulee pesujen kautta. Pesut toimivat pesukeskuksien kautta CIP-kiertopesujärjestelminä. Pesukeskuksia on kolme: vastaanoton, yhteiskäsittelyn ja hera-osaston pesukeskukset. Lisäksi jätevetä syntyy tuote- ja vesityönnöissä, baktotuugin laukaisuissa ja suolan poistoprosessissa. Muita meijerin jätevesilinjaa kuormittavia tekijöitä ovat lattioiden ja prosessilaitteiden ulkopesut sekä ihmisen erehdyksen tai toimilaitteen rikkoutumisen aiheuttama maitoraaka-aineen joutuminen jäteveeteen.

5.2.1 Maidon vastaanotto

Tehtaaseen tuleva maito puretaan meijerirakennuksen yhteydessä olevassa vastaanottohallissa. Samassa hallissa tapahtuu myös nestemäisten tuotteiden, kuten kerman, proteiinijakeen, laktoosittoman maitojuoman tai rehuheratiivistein lastaus. Maidon purkaminen tapahtuu kolmea vastaanottolinjaa pitkin, jonka jälkeen raakamaito pumpataan ilmanerottajan kautta raakamaitosiiloihin jatkokäsittelyä varten. Vastaanotossa käsitelty raakamaito sisältää rasvoja, valkuaisaineita ja muita kuiva-aineita, jotka jäteveeteen joutuessaan lisäävät biologista ja kemiallista hapenkulutusta.

Maidon vastaanotossa jätevetä syntyy maitoautojen tankkien pesuissa ja huuhteluissa sekä vastaanottolinjojen pesuissa. Maitoautojen siilot huuhtellaan tai pestään jokaisen puron yhteydessä. Maitoautot pestään ulkopuolelta autonpesuhallissa. Maidon vastaanotolla on oma pesukeskus, joka toimii CIP-pesujen tavoin. Pesukeskuksen kautta suoritetaan tankkipesut sekä vastaanottolinjojen pesut. Tankkien pohjalle jääneet raakamaitojäämät menevät meijerilinjan jäteveeteen, koska vastaanoton pesukeskuksen kautta toimivissa pesuissa ei ole käytössä huuhdekeräilyä. Vastaanottolinjat pestään kerran vuorokaudessa ja tämän pesun yhteydessä jäteveeteen menee alkuhuuhteen mukana maitojäämiä. Vastaanottolinja joudutaan pesemään myös ennen luomuraakamaidon tai KPUF-proteiinijakeen purkua. Kuvio 5 mallintaa maidon vastaanoton pesutoimintoja.



Kuvio 3. Maidon vastaanoton pesut ja jätevesien muodostuminen

5.2.2 Yhteiskäsittely

Yhteiskäsittelyn pääprosessi on juustomaidon valmistaminen. Muita päätoimintoja ovat kuoritun maidon valmistus, kerman jatkokäsittely sekä heran esikäsittely. Näiden prosessien jätevedet tulevat pääasiassa siilojen ja linjastojen pesuista sekä separaattoreiden pesuista ja laukaisuista.

Yhteiskäsittelyn pesut toimivat pesukeskuksen kautta. Tässä pesukeskuksessa on lisäksi tuorejuusto-osaston pesut. Pesukeskus on varustettu huuhtokeräysjärjestelmällä. Tämä järjestelmä kerää johtokykyyn perustuen pesun alkuhuuhteen aikana korkeapitoisia maitoainejäämiä. Alkuhuuhdejäämät menevät puristeherasäiliöihin, joissa huuhtetta haihdutetaan ja näin väkevöityneenä lastataan rehuheroina tehtaalta pois. Hera ja jauheosaston (HeJa) ja vastaanoton pesukeskukset eivät kuulu huuhtokeräilyn piiriin. (liite 1.)

Juustomaitolinja (JML)

Juustomaitolinja käsittää kuorintaseparaattorin, baktofuugin, vakioinnin ja pastöroinnit. Juustomaitolinja tyhjennetään huuhtelussa juustolarakennukseen asti, joten nämä huhteet eivät kuormita meijerin jätevesilinjaa.

Juustomaitolinjan separaattorilta tuleva ylimääräinen kerma ajetaan kerman välisäiliöille S1138 ja S1139 (liite 1). Vesi työntää kermää edellä viemäriin ja siilokohtaisen asetusarvon jälkeen ohjautuu kermasiiloille S1138 ja S1139. Tämä tarkoittaa sitä, että vakioinnin aloituksessa ja lopetuksessa käsitellään eri rasvapitoisia juustomaitoja ja ylijäämäkerman määrä vaihtelee juustolajin mukaan. Täyttö- ja huuhteaikojen ollessa vakioina menee kermää viemäriin tai vettä kerman välisäiliöille. Lopputuloksena on, että juustomaitolinjan huuhtelu vaikuttaa kerman käsittelyn osalta meijerin jätevesipitoisuuteen.

Juustomaitolinjan ylösajossa menee maitoa viemäriin, koska raakamaitosiiloilla tuote tulee suppilolle työntäen veden edellä viemäriin. Johtokykyrajan ylittyessä raakamaito käännetään suppiloon ja viemäriventtiili laitetaan kiinni. Juustomaitolinjan alasajossa separaattorilta lähtevä linja tyhjennetään välikermasiiloihin aikamääreen sisällä, jonka jälkeen loppu työnnetään viemäriin. Tämä ei perustu johtokykyyn eikä sameusmittaukseen vaan arvioituun aikamääreeseen.

Jos juustomaitoon käytettävää proteiinikonsentraatiota (KPUF) syötetään linjalle, menee vesi viemäriin edeltä. Kun asetettu täyttömäärä on saavutettu, viemäriventtiili menee kiinni. Juustomaitolinjalla käytännössä vesityöntöjen määrä vaikuttaa COD-kuormitukseen.

Vesityöntö on tehtävä yli 15 minuutin tuotekierrätyksen jälkeen. Juustomaitolinjalla ei ole vesihuuhdelua, vaan linja jää vesikierrolle, kunnes linjalle valitaan uusi tuote tai vaihtoehtoisesti tuotanto lopetetaan. Juustomaitolinjassa olevat separaattori- ja baktofuugi laukaisevat epäpuhtaudet viemäriin, koska laukaisuja ei kerätä talteen tuoteturvallisuussyistä. Separattorin laukaisuväli on 90 minuuttia ja baktofuugin 60 minuuttia.

Kauppamaitolinja (KML)

Kauppamaitolinjalta tuleva pastöroitu ja separoitu raaka-aine käytetään useiden tuotteiden valmistukseen. Näitä tuotteita ovat lastaukseen menevä kuorittu maito, kuorittu maito laktoosittomaan luomumaitojuomapohjaan, kromatograafiseen erotukseen menevä kuorittu maito ja rasvattoman maitojauheen valmistukseen käytettävä kuorittu maito. Kauppamaitolinjan käytöllä on näin ollen vahva riippuvuus hera- ja jauheosaston toimintojen kanssa. Kauppamaitolinjan tuotantojen välissä olevan välipesun ja lopetuksen jälkeisen loppupesun sekä näihin liittyvien linjan huuhteluiden yhteydessä tulee jäteveeseen päätyvää COD-kuormaa. COD-kuormituksen suhteen rasvan osuus on pienentynyt verrattuna vastaavaan määrään raakamaitoa, mutta proteiinien ja hiilihydraattien määrä on edelleen korkea. Lisäksi kauppamaitolinjan laukaisut päätyvät viemäriin.

Heran esikäsittely

Juustolasta yhteiskäsittelyyn palautuva hera menee herankuorintalinjalla ensin lingolle, jossa herasta erotetaan juustopöly. Juustopöly kerätään talteen päästämättä sitä viemäriin. Lingon laukaisujen vesiosa menee puristeherasiiloihin heraseparaattorin laukaisujätteen tavoin. Heraseparaattori KL5 kuorii herasta herakerman erilleen siiloon S1127. KL5-linjalla ei suoriteta välihuuhtelua vaan ainoastaan välipesu ja loppupesu. Jos ajettavan heran määrä on pieni, välipesu jätetään pois. Linjaa pestäessä vesi työnnetään linjaa pitkin joko huuhdekeräilyyn tai viemäriin johtokyvystä riippuen. (Alatalo, haastattelu 9.11.2012.)

Kerman käsittely

Yhteiskäsittelyssä pastöroidaan kerma ja herakerma. Kerma pastöroidaan siiloista S1138 ja S1139 siiloihin S21 ja S22 ja herakerma siilosta S1127 siiloon S1128. Kermapastöörin ja -siilojen pesuista tuleva jätevesi johdetaan viemäriin, mahdollista huuhdekeräilyä lukuunottamatta. Kermapastöörinlinjan (KPL) tuotanto aloitetaan vesityönnöllä, jonka jälkeen tuotanto työnnetään linjaan täyttämällä ensin pastööri ja sitten pastöroimalla tuote valitusta siilosta kohdesiiloon. KPL:n ajon lopussa linja lopetetaan vesikierron kautta joko pesulle tai alasajoon. Lopetus tapahtuu tyhjentämällä linja ensin siiloihin S21 tai S22 ja ajan/määrän ylittyessä vesi käännetään jätevesilinjaan. Herakermapastöörin linjassa (HKPL) ei ole määrämittausta, joten tuotetyöntö/vesityöntömäärät määräytyvät ajan mukaan. (Alatalo, haastattelu 9.11.2012.)

Siilot ja siirtolinjat

Raakamaitosiilojen tyhjentyessä siiloja ei huuhdella maitojäämistä tuotannon joukkoon, vaikka käsin huuhtelu on tosin mahdollista. Raakamaitosiilojen pesussa tulee näin ollen COD-kuormaa kasvattavaa jätevettä. Kermasiilojen osalta siilot huuhdellaan tyhjentymisen jälkeen. Välikermasiiloille, S1138 ja S1139, on olemassa siilon huuhtelu, joka käynnistyy siilon tyhjentyessä alarajalle. Tämän täytyy tosin olla esivalittuna ohjausjärjes-

telmässä. Huuhtelu tyhjentää huuhteluveden siilosta kermapastöörille, josta pastöörin pesun kautta huuhteet päätyvät jätevesilinjaan tai huuhtekeräilyyn. Kerman pastöroinnin jälkeiset kermasiilot S21 ja S22 huuhdellaan käyttäjän toimesta käsin lastatun kerman mukaan. Tämä vähentää siilojen pesun aikana tullutta COD-kuormaa. Herakermasiilot S1127 ja S1128 huuhdellaan vesiletkulla käyttäjän toimesta, mikä vähentää COD-pitoisuutta jätevedessä siiloja pestäessä. Yhteiskäsittelyn muista siiloista jätevettä tulee proteiinijaesiilojen S1431–S1437 pesuissa, puristeherasiilojen S1241–S1244 pesuissa sekä tiivistetyn heran ja kuorittun/kuorimattoman heran siilopesuissa. Lisäksi proteiinikonsentraation (KPUF:n) varastointisiilojen pesuissa syntyy pieniä määriä jätevettä. (Alatalo, haastattelu 9.11.2012.)

5.2.3 Lastaukset

Nestemäisten tuotteiden lastaukset menevät kahta päälatauslinjaa pitkin: L1011 ja LO7. Lastaukset tapahtuvat vastaanottohallissa, mutta pesut tapahtuvat yhteiskäsittelyn pesukeskuksen kautta osittain ja tietyt lastaustapahtumat sekä yhteiskäsittelyn- että hera-osaston pesukeskusten kautta. Yleisimmät lastaustapahtumat ovat nanoheratiiviseen lastaus LO7-linjaa pitkin ja kerman/herakerman lastaukset L1011-linjalla. Muita yleisiä lastauksia ovat proteiinisiiliöiltä tapahtuvat lastaukset autonlastauslinjaa (KL) ja L1011 linjaa pitkin, rehuheratiivisten ja tiivistetyn RO-retentaatin lastaukset heraosaston kiteytystankeilta ja LO7-linjaa pitkin. Näiden linjojen pesuissa syntyy jätevettä ja COD-kuormitusta. (liite 1.)

5.2.4 Heran ja jauheen valmistusosasto

Heran ja jauheen valmistusosaston HeJan jätevedet syntyvät pääosin heraosaston pesukeskuksen päästöinä. Heraosaston pääprosessit ovat tuotteiden haihdutus, jauheen valmistus, heran suodatus ja kromatografinen erotus. Heraosasto valmistaa muun muassa nanosuodatettua heratiivistettä, kuivattua maito- ja herajauhetta, laktoositonta maitojuomapohjaa ja proteiinjaetta sekä eläinrehuksi menevää rehuheratiivistettä. (liite 1.)

Suodatus

Heran jatkokäsittely tapahtuu suodattamalla hera nanosuodatuksella permeaatti- ja retentaattiosaan siten, että permeaattiosaan jää vesi ja suola. Retentaattiosaan jää tiivistetty hera, joka lastataan välivarastoinnin jälkeen LO7-linjaa pitkin pois.

Nanosuodatuslaitteiston pesussa laitteistoon jäävä hera vaikuttaa COD-pitoisuuteen. Nanosuodatuksessa kalvojen kunto on ratkaiseva tekijä nanosuodatuksen herahävikin määrässä. Hävikki taas korreloi meijerilinjan COD-pitoisuuteen: mitä kuluneemmat kalvot ovat, sitä enemmän tulee hävikkiä nanosuodatuksessa. Heran esiprosessointi ennen nanosuodatusta, sisältää muun muassa heran esikuumennuksen sekä siirron yhteiskäsittelystä ja vaikuttaa näin jäteveteen esiprosessin laitteistoa pestäessä. (Räty, haastattelu 1.11.2012.)

Heran permeaattiosasta erotetaan käänteisosmoosin avulla suola ja vesiosa. Tästä saatua vettä käytetään yhteiskäsittelyn pesukeskuksen kautta pesujen loppuhuuhteeksi. Käänteisosmoosin suola eli retentaattiosa kerätään talteen siiloon S23 haihduttimessa tiivistettäväksi. Tiiviste lastataan kiteytystankkien S1411–S1420 ja L07-lastauslinjan kautta. Jos suolaa ei kerätä talteen lähetettäväksi jatkoprosessoitavaksi, suola päättyy suoraan meijerilinjan jäteveteen nostaen COD-kuormaa. Myös käänteisosmoosilaitteiston pesusta syntyy jätevettä.

Haihdutus

Haihdutuksessa maitoraaka-aineen vettä poistetaan, jotta tuotteen kuiva-ainetta saadaan nostettua. Näin saatua tiivistettä käytetään valmistettaessa rasvatonta maitojauhetta, valmistettaessa herajauhoa, väkevöitäessä kromatograafiseen erotukseen menevää kuorittua maitoa, valmistettaessa rehuhuheratiivistettä ja väkevöitäessä käänteisosmoosilaitteelta tulevaa RO-retentaattia.

Haihduttimessa on eri haihdutuksia varten omat reseptit. COD-kuormaa aiheuttavaa jätevettä tulee haihduttimen pesuissa sekä haihduttimen ylös- ja alasajoissa. Haihduttimeen jää merkittäviä maitoraaka-ainejäämiä. Syyinä tähän ovat suuret haihdutuspinnat ja haihdutuksessa saatujen tuotteiden korkeat kuiva-ainepitoisuudet. Haihdutinta pestään joko höyrypesuna, jolloin lämpötila on ajovalmiina eli höyryllä lämmitettynä, tai ”rallipesuna”, jolloin haihduttimessa eivät ole höyryt päällä ja lämpötila on huomattavasti matalampi kuin höyrypesussa.

Haihdutuksen aloituksessa haihdutin ajetaan ylös vesiajolle, jolloin vesi kiertää haihduttimessa. Tuote työntää vettä edellä viemäriin ja alkaa haihduttaa raaka-aineesta nestettä nostaen kuiva-ainetta. Kun kuiva-aine on noussut viemäroinnin asetusarvon yli, tuotteen ohjaus muuttuu viemäristä siiloon. Haihdutus lopetetaan, kun haluttu määrä maitoraaka-ainetta on ajettu. Tämän jälkeen vesi työnnetään linjaan, mikä syrjäyttää maitoraaka-aineen ja laskee kuiva-aineen taas tasolle, jossa ohjaus kääntyy siilosta viemärointiin. Haihduttimen ylös- ja alasajoissa tulee huomattavia määriä COD-kuormaa.

Kromatograafinen erotus

Kromatograafisessa erotuksessa laktoosi- ja proteiinijakeet erotetaan erotuskolonnissa olevan hartsin avulla, joka toimii laktoosia pidättävänä aineena. Pelkistettynä kromatograafisessa erotuksessa laktoosi kulkeutuu erotuskolonnin, eli noin 10 metriä korkean ja noin kolme metriä leveän pylvään, läpi hitaammin maidon muita ainesosia, kuten proteiinia. Käytettävä maito on rasvatonta ja sen kuiva-aine on nostettu haihdutuksen avulla. Tuotannon jälkeen erotuskolonnin hartsiin jää jäteveeseen päätyviä maito-ainejäämiä. Erotuskolonne on tuotannolla nykyisen tuotantosuunnitelman mukaan kerran viikossa, joten pesusta syntyvää jätevettä tulee noin kahdesti viikossa, koska erotuskolonne pestään kahdessa osassa.

Siilot ja siirtolinjat

HeJa osaston siiloista käytetyimpiä ja näin ollen eniten mahdollista COD-kuormitusta aiheuttavia ovat kiteytystankit S1411–S1420. Näitä siiloja käytetään pääosin haihdutuksen jälkeisinä siiloina. Tämä tarkoittaa sitä, että siiloissa olevien maitoraaka-aineiden kuiva-aine pitoisuus on korkea. Pestäessä kiteytystankkeja tiivistetty maitoraaka-aine jää helposti tankkien pohjalle ja reunoille vaikuttaen näin pesujen aloitushuuhtelussa huuhteluveden COD-pitoisuuteen. Haihdutuksen jälkeen pestävä L101 siirtoputki haihduttimelta kiteytystankkeihin aiheuttaa myös COD-kuormaa.

Kromatograafisessa erotuksessa erotuskolonnin jälkeen proteiini- ja laktoosijakeet menevät välisäiliöiden kautta varsinaisiin siiloihin, proteiinijakeet siiloihin S1431–S1437 ja laktoosijakeet S1421–S1425. Siilojen tyhjentyessä proteiinijakeiden lastauksen ja laktoosijakeiden haihdutuksen jälkeen siilot pestään. Proteiinijaesiilot toimivat yhteiskäsittelyn pesukeskuksen kautta ja laktoosijaesiilot heraosaston pesukeskuksen kautta. Kromatograafisessa erotusprosessissa eri siirtolinjat aiheuttavat lisäksi jätevettä niitä pestäessä. HeJa-osaston muista pesuista siirtolinjojen, kuten kiteytystankeilta erotuskolonnille kulkevan syöttölinjan L204 tai kiteytystankeilta syöttösäiliöön jauheen valmistuksen yhteydessä kulkevan massansiirtolinjan, pesut aiheuttavat COD-kuormitusta. Muita merkittäviä siirtolinjoja ovat proteiini- ja laktoosijakeen siirtolinjat sekä tuotteiden lastauksissa käytettävät linjat L310 ja L105.

Jauheen valmistus

Jauhetornilla kuivataan rasvatonta maitoa ja nanoheratiivistettä. Molemmissa tapauksissa tuotteen kuiva-aine pitoisuus nostetaan ensin haihduttamalla, minkä jälkeen tuote johdetaan kiteytystankeille ja sieltä edelleen syöttösäiliön kautta kuivaustorniin. Jauheen valmistuksessa COD-kuormitusta tulee hera- ja jauheenvalmistusosastolla haihduttimesta, kiteytystankeilta, syöttösäiliöltä ja siirtolinjoista sekä -putkista. Merkittävä COD-kuorma tulee lisäksi jauhetuotannossa venturipesurissa. Venturipesuriin ohjataan jauhetuotannosta tuleva poistoilma. Pesurissa pestään ilman mukana tuleva jauhepöly pois. Puhdistettu ilma ohjataan putkea pitkin ulos. Veteen sitoutunut pöly ohjautuu viemäriin venturin pesun yhteydessä tuotannon lopussa aiheuttaen happea kuluttavaa jätevesipäästöä.

5.2.5 Tuorejuuston valmistus

Tuorejuusto-osaston pesut toimivat yhteiskäsittelyn pesukeskuksen kautta. Huuhdekeräilyjärjestelmä on näin ollen käytössä. Tuorejuusto valmistetaan pääsääntöisesti maanantaista perjantaihin viitenä päivänä viikossa. Valmistusprosessissa yhteiskäsittely pastöroi kerman siiloihin S1601 ja S1602. Vaakasäiliöön johdetaan tuotteesta riippuen kerma, voi sulatussäiliöstä S1604 ja rahka erillisistä rahkakonteista. Vaakasäiliöstä aineet ohjataan sekoitusmikserin S1607 kautta tasaussäiliöön S1611. Tasaussäiliöstä valmis tuorejuustomassa siirretään pakkaussäiliöihin S1612–S1615 ja niistä edelleen pakkauslinjoille: Gastilinjalle T1671, Trepkolinjalle T1672 ja Sankolinjalle T1673. (liite 1.) COD-kuorma tulee tuorejuustolta tuotannon lopussa, kun linjat työnnetään tyhjäksi. COD-kuormitusta tulee siilojen lisäksi linjoilta, kuten pakkauslinja 1:ltä ja massalinjalta. (Pennanen, haastattelu 5.11.2012.)

6 TYÖN RAJAUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Valion ympäristöjärjestelmän perustana on kotimaan toiminnan kattava ISO 14 001-standardi. Järjestelmän toimivuutta arvioidaan ulkoisilla ja sisäisillä tarkastuksilla. Valion ympäristöjärjestelmien hallintaohjelmien tavoitteena on vuosina 2009–2011 ollut jätevesikuormituksen ja jätevesimäärän vähentäminen suhteutettuna vastaanotettuun maitomäärään. Näiden lukemien suhteuttaminen vastaanotettuun maitomäärään on kansainvälinen käytäntö. (Ympäristövastuuraportti 2012.)

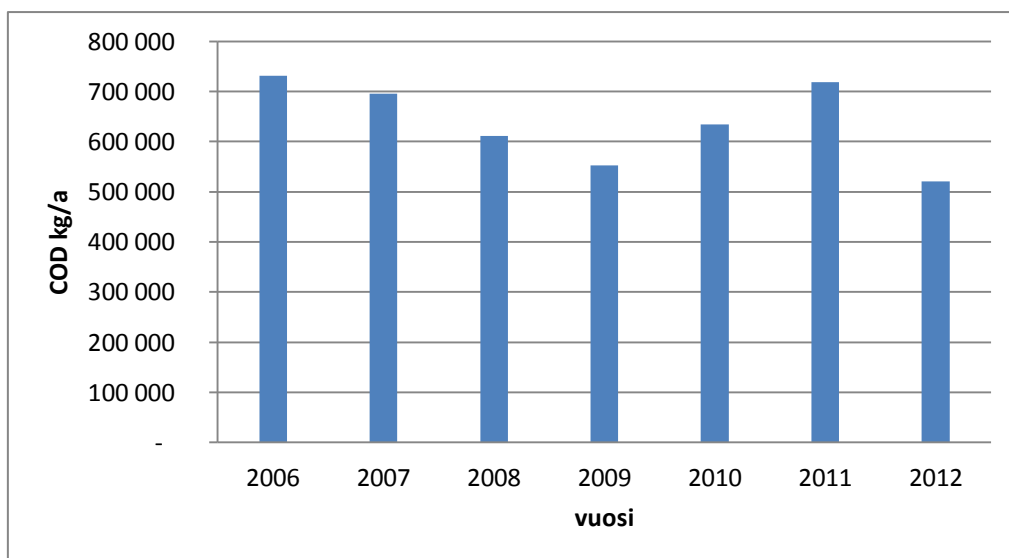
Pyrkimyksenä vähentää jäteveden määrää ja sen COD-pitoisuutta toteutettiin vuosina 2003–2012 Joensuun tehtaalla optimointiprojekteja ja tehtiin erilaisia parannustöitä. Meijerirakennuksessa näitä projekteja olivat muun muassa:

- laktoosierotuskolonnin optimointihanke (vuonna 2007)
- nanosuodatuslaitteen ja käänteisosmoosilaitteen pumppujen uusinnat (vuonna 2009)
- herasta suolan talteenotto -projekti (vuonna 2009)

Pesujen optimointia on tukenut myös Valio-Diversey-hanke ja pesujen määrän vähentäminen Valion sisäisenä kehittämistoimena. Tähän jatkumoon sovitettiin myös tämä Joensuun tehtaan COD-kuormitusta käsittävä selvitystyö.

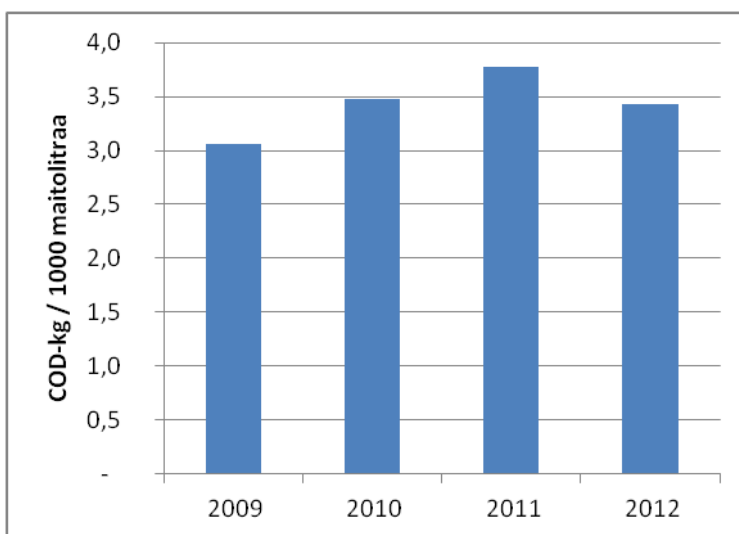
Jäteveden kemiallisen hapenkulutuksen vähentämispyrkimykset ovat tehtaan ympäristöarvojen lisäksi yhteydessä taloudellisiin arvoihin. COD-päästöjen määrä näkyy jätevesilaskussa, jonka Joensuun Valio maksaa Joensuun Vedelle. Laskutuksessa COD-määrän osuus on 40 %, jätevesivirtaaman 35 % ja kiintoaineen 25 % (Valio Oy 2013). Toinen huomattava taloudellinen seikka on että, jäteveeseen sisältyvä maitoraaka-aine hävikki on poissa toivotusta jatkojalostuksesta.

Kuviossa 6 on esitetty meijerin jätevesilinjan COD-kuormitus vuosien 2006–2012 aikana. Vuonna 2006 alkanut COD-kuormituksen lasku saavutti matalimman tasonsa vuonna 2009. Tämän jälkeen kehityksen suunta muuttui niin, että vuoden 2011 päästöt olivat samaa suuruusluokkaa kuin vuoden 2006 COD-päästöt.



Kuvio 4. Meijerin jätevesilinjan COD-kuorma [kg/a] vuosina 2006–2012

Kuviossa 7 on jäteveden COD-kuormitus vuosina 2009–2012 suhteutettu vastaantettuun maitomäärään. Kehitys vuodesta 2009 vuoteen 2011 on samankaltainen kuin kuviossa 6. Suurin ero tulee vuonna 2012, jolloin COD-kuorma laskee vuoteen 2011 verrattuna, mutta suhteellinen osuus on silti suurempi kuin vuonna 2009.

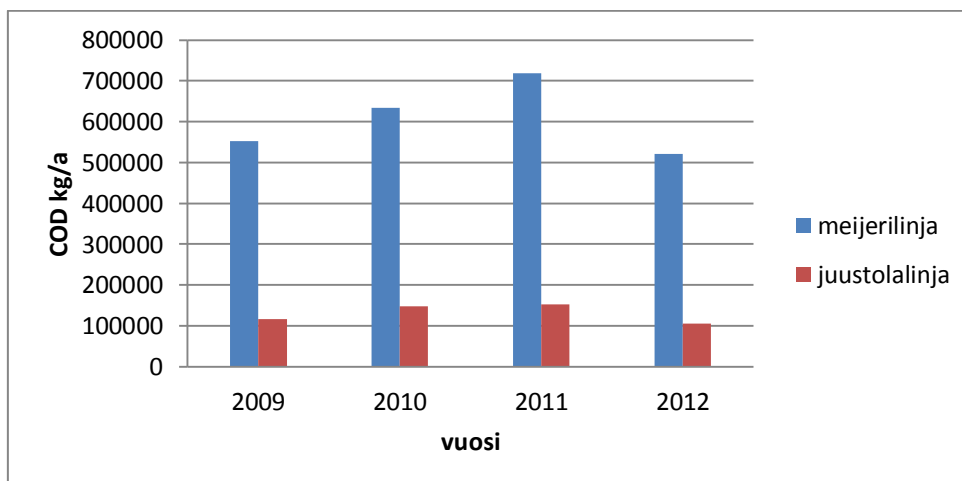


Kuvio 5. COD-kuorma suhteessa maitomääriin [kg/1000 l] vuosina 2009–2012

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää mahdollisia selityksiä siihen, miksi meijerilinjan jätevesien COD-kuormitus kääntyi nousuun vuonna 2010. Tavoitteeksi asetettiin myös COD-kuormitusta vähentävien vaihtoehtoisten ratkaisujen ideointi. Kysymysten asettelu vaatii selkeät perustelut, koska aiheeseen liittyvää tutkimustietoa oli käytettävissä tämän selvitystyön näkökulmasta vain vähän. Esimerkiksi meijeritoiminnan BAT-tekniikkaa kartoittaneen BREF-dokumentin mukaan toiminnan kompleksisuus vaikeuttaa BAT-tekniikan jäsentämistä ja tietojen vaihtoa (European Commission 2006).

Tutkimusajanjaksoksi valittiin vuodet 2009–2012. Näiltä vuosilta oli saatavilla yhtenäiset tuotanto- ja pesuraportit. Näiden raporttien perusteella työtä kohdennettiin tuotantomäärien sekä tuotevaihtojen yhteydessä suoritettujen tuotehuuhteluiden ja laitteistojen pesujen tuottamaan COD-kuormitukseen. Pesujen johtokyky kertoo pesujen COD-kuormasta. Pesujen johtokykyseuranta suoritettiin keväällä 2013.

Työ rajattiin koskemaan meijerin jätevesilinjastoa. Juustolan jätevesilinjasta kulkeutuneet COD-päästöt ovat olleet seurantajakson aikana selvästi pienempi osa kokonaispäästöistä. Tosin niidenkin kohdalla kehitystrendi on ollut sama kuin meijerilinjän päästöissä (kuvio 8).



Kuvio 6. Meijerin ja juustolan jätevesien COD-kuormitukset [kg/a] 2009–2012

Juustolan jätevesipäästöjen lisäksi selvitystyöstä rajattiin pois jäteveden määrä, käytettävien pesujen tarkoituksenmukaisuus ja saniteettijätevedet. Myös meijerilinjän jätevesien osalta tarkastelun ulkopuolelle jätettiin voima-aseman, huoltomaan, konttorin ja vanhan vastaanoton vaikutus COD-kuormaan.

Tavoitteiden saavuttamiseksi etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten COD-kuormitusta aiheuttavat jätevedet jakaantuvat osastojen tai prosessin osien kesken?
2. Miten jätevesien COD-kuorman suuruus riippuu tuotannon määrästä ja tuotannon muutoksista?
3. Miten raakamaidon käsittelyssä tapahtuneet hävikit vastaavat jätevesien COD-kuorman suuruutta, kun hävikkiä tarkastellaan laitteistojen pesujen tai inhimillisten erehdysten ja teknisten vikojen näkökulmasta?
4. Miten vuodenaikavaihtelu ilmenee COD-kuormituksessa?
5. Miten alkuhuuhteen aikana mitattu veden johtokyky vaihtelee eri tuotepesujen kesken?

7 TYÖMENETELMÄT

7.1 Aineiston keruu

Aineisto, jota työssä käytettiin, koostui pääasiallisesti Valion Joensuun tehtaan MMC-tiedonkeräysjärjestelmästä ja muista tehtaan prosessien kirjauksista vuosilta 2009–2012. MMC-järjestelmää käyttäen saatiin pesujen määrätiedot ja tuotannolliset tiedot. Tiedot COD-päästöistä saatiin tehtaan laboratorioraporteista. Käytössä oli myös näiden vuosien aikana tapahtuneet tiedot inhimillisistä virheistä ja teknisistä häiriöistä, jotka olivat rekisteröityneet järjestelmiin. Yksittäiset tiedot, joita valittiin mukaan, olivat pääasiallisesti kuukausikohtaisia. Lisäksi otettiin mukaan päiväkohtaisia tietoja, mikäli analyysin aikana se osoittautui tarpeelliseksi. Nämä rekisterit eivät olleet täysin kattavia ja siksi niiden merkitys aineiston analyysissä jäi rajalliseksi. Kootut tiedot käsiteltiin Microsoft Excell taulukkolaskentaohjelmalla.

Aineiston keräämisen ja analysoinnin tueksi laadittiin meijerirakennuksen prosessikaavio. Se auttoi hahmottamaan paremmin tuotannon ja laitteistojen pesujen keskinäisen suhteen. Työn edetessä prosessikaaviota tarkennettiin tarpeen mukaan (liite 1). Myös tuotannon suhteen kerättiin lisätietoja työn edetessä.

Aineistoa kerättäessä merkittävä apu oli mahdollisuus keskustella eri toimintoja hyvin tuntevien prosessiasiantuntijoiden ja tuotantovastaavien sekä päivittäin prosesseja valvovien tuotevalmistajien kanssa. Nämä asiantuntijat kertoivat näkemyksiään tietojensa ja kokemustensa pohjalta. Osasta keskusteluja tehtiin muistiinpanot, joiden pohjalta laadittiin keskustelu-muistiot.

Taulukoidun aineiston käsittelyssä käytettiin apuna Microsoft Excel-taulukkolaskenta-ohjelman tilastollisia työkaluja. Analyysin edetessä taulukoita täydennettiin, mikäli sille tuli tarvetta. Toisena laskennallisena työkaluna oli Valion käytössä oleva jätevesipäästöjä erittelevä ja niiden määriä arvioiva laskuri. Kun laskuriin syötetään tiedot tuotantomääristä, laskuri antaa keskimääräisen arvion tuotantoprosessissa tapahtuneista hävikeistä ja hävikkejä vastaavista päästöistä mukaan lukien kemiallinen hapenkulutus. Vuodenaikojen merkityksen tutkimisessa hyödynnettiin Ilmatieteen laitoksen tilastoja. Tilastoja poimittiin alueelta, joilta Joensuun Valio hankkii raaka-maidon.

Huuhdekeräilyn toimivuuden arvioimiseksi kerättiin tiedot johtokyvystä. Tämä toteutettiin seuraamalla yhteiskäsittelyn ja hera- ja jauhe osaston pesukeskuksen pesuja alkuhuuhteen osalta. Samalla merkittiin muistiin alkuhuuhteen lämpötila. Yhteiskäsittelyn pesukeskuksen osalta otettiin mukaan myös tieto, menikö pesussa alkuhuuhdetta huuhdekeräykseen ja jos meni, niin kuinka kauan.

7.2 Aineiston analyysi

Aineiston analysoinnin lähtökohtana oli aineen häviämättömyys. Taustataustajatuksena oli käsitys, etteivät maidon rasvat, proteiinit ja laktoosit reagoi prosessien aikana, vaan säilyttävät pääsääntöisesti oman kemiallisen rakenteensa. Jäteveteen päätyvä orgaaninen aines on näin ollen vastaanotetusta aineesta prosessin eri vaiheissa huuhtoutunutta ainetta.

Analyysi aloitettiin tutkimalla, oliko vuosien 2009–2011 COD-määrien ja käsiteltyjen tuotantomäärien sekä pesukertojen välillä lineaarista riippuvuutta. Lineaarisen riippuvuuden arvioimisessa käytettiin apuna tilastollisia funktioita, korrelaatiota ja Pearsonin neliötä. Arvot laskettiin käyttämällä jäteveden kuukausikohtaisia COD-määriä ja tehtyjen pesujen, huuhteluiden ja valmistettujen tuotteiden määriä. Lisäksi laskettiin maitoraaka-aineesta tuotannon jälkeen jääneiden likaisten prosessipesujen määrä vastaanoton, yhteiskäsittelyn ja tuorejuuston pesukeskuksissa. Ympäristöpoikkeamaraportteja käyttäen tutkittiin teknisten vikojen ja inhimillisten erehdysten osuus COD-kuormasta.

Maidon vastaanoton ja yhteiskäsittelyn osuutta selvitettiin vertaamalla vuosia 2009–2012 toisiinsa suhteuttaen tuotantomääriä ja COD-kuormituksia vastaanotetun raakamaidon määrään. Vertailut olivat kuukausi- ja vuosikohtaisia. Siitä, miten vertailut on tehty, on kerrottu tarkemmin vertailutuloksista ja niiden analysoinnista kertovien lukujen yhteydessä. Aineistoa analysoitaessa käytettiin Joensuun meijerissä mitattuja arvoja, mikäli sellaiset olivat käytettävissä. Muussa tapauksessa laskuissa tarvittavina arvoina käytettiin keskimääräisiä tietoja, jotka ovat koottuna taulukossa 1.

Taulukko 1. Käytettyjä keskimääräisiä tietoja tuotteiden koostumuksista

	rasva %	valkuaisaine %	hiilihydraatti %	COD kg/1000 kg
Raakamaito	4,3	3,5	4,5	225
Kerma	37	2	2,55	1150
Tuorejuustomassa	29	3	7	850
Herakerma	25	1,2	2,8	800
Nanoheratiiviste	0,25	2,4	17,3	230
Rehuheratiiviste	0,25	2,4	17,3	230
Hera	0,3	0,7	4,5	60
Laktoosijae	0	0,6	12,3	120
Laktoosijaetiiviste	0	1,6	33	330
Proteiinijae	0,1	5,7	1,6	95

Taulukoitujen arvojen lisäksi käytettiin hävikkejä laskettaessa yksittäisten orgaanisten aineiden aiheuttamia COD-päästöjä, mikäli kyseessä olevaa ainetta joutuu jäteveeseen. Nämä arvot olivat maidolle ja maitotuotteille seuraavat (Industrial Wastewater Treatment 2009):

- 3 kg COD / 1 kg rasvaa
- 1,13 kg COD / 1 kg laktoosia
- 1,36 kg COD / 1 kg proteiinia

Yhteiskäsittelyn ja hera-osaston pesuja seurattiin alkuhuuhteen johtokyvyn osalta. Pesujen johtokykyarvoja sekä pesumääriä vertailtiin keskenään. Lisäksi yhteiskäsittelyn osalta mitattiin aika, jolloin alkuhuuhde meni huuhdekeräykseen eikä viemäriin. Näin saatiin mielikuva huuhdekeräyksen toiminnasta ja lisämateriaalia jäteveden COD-kuorman aiheuttajasta.

8 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

8.1 Tuotannon ja COD-kuormituksen yhteys

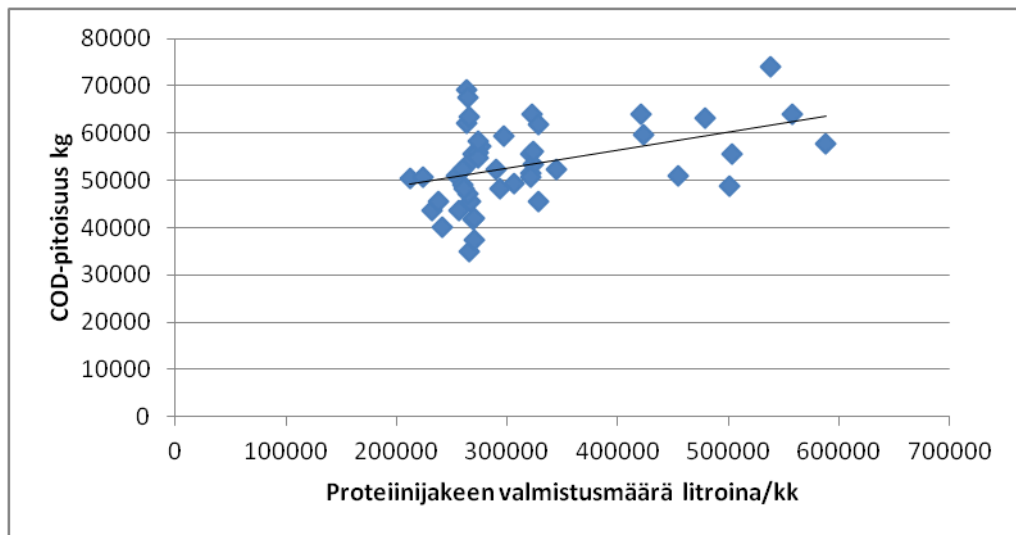
8.1.1 Valmistusmäärät ja COD-kuormitus

Eri tuotteiden ja jätevesien COD-määrien tilastollista riippuvuutta ja riippuvuuden luotettavuutta tarkasteltiin laskemalla korrelaatiot ja vastaavat Pearsonin neliöt. Otokoko oli 48, kun käytettävissä oli kuukausitiedot vuosilta 2009–2012. Pearsonin neliön kriittinen arvo otokseen ollessa 48 on 0,24 (Manninen & Ylén 2000). Jos korrelaatio nousee tämän yli, niin tulos on tilastollisesti jokseenkin merkittävä. Lasketut arvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tuotantomäärien ja COD-pitoisuuden lineaarinen riippuvuus

valmistettava tuote	korrelaatio	Pearsonin neliö
proteiinijakeen valmistusmäärät	0,422	0,094
JML ajomäärä	0,374	0,140
jauheen valmistus	0,307	0,021
vastaanotettu maitomäärä	0,306	0,086
kerman pastörintimäärä	0,293	0,004
nanoheratiivisteiden valmistusmäärä	0,179	0,032
KML ajomäärä	0,021	0,001
RO-retentaattitiivisteen valmistusmäärä	-0,027	0,178
tuorejuuston valmistusmäärä	-0,067	0,094

Proteiinijakeen valmistus antoi vertailussa suurimman positiivisen korrelaation, mutta vastaava Pearsonin neliö oli alle kriittisen arvon. Laskelmia tuki myös proteiinijakeen ja COD-pitoisuuden yhteyttä kuvaava pistekaavio ja siinä pisteiden hajonta (kuvio 9). RO-retentaattitiivisteen ja tuorejuuston osalta korrelaatio oli negatiivinen. Negatiivisuus olisi viitannut siihen, että tuotemäärän lisäys olisi vähentänyt COD-kuormaa. Tämän johtopäätöksen teko kyseenalaistuu, koska Pearsonin neliön arvot jäivät alle kriittisen arvon. Muiden tarkastelun kohteena olleiden aineiden suhteen tilanne oli vastaava.



Kuvio 7. Proteiinijakeen valmistusmäärän ja COD-kuorman korrelaatio

Tuotannon ja COD:n riippuvuutta tutkittaessa tulee huomata erilaisten tuotantojen vaikutus toisiinsa. Esimerkiksi juustomaitolinjan ajomäärä ja nanoheratiivisten valmistusmäärä ovat toisistaan riippuvaisia. Lisäksi on huomioitava, että jäteveteen vaikuttaa lukematon määrä eri tekijöitä, ei ainoastaan yksittäinen prosessi tai sen osa. Muut jäteveteen vaikuttavat tekijät väärentävät näin tutkittavaa tulosta. Korrelaatio ei myöskään kerro jäteveden COD-määrästä.

Proteiinijakeen valmistuksen korrelaatiosta (taulukko 2) voidaan tulkita, että sillä on jokseenkin merkitsevä vaikutus COD-kuormaan. Tämä johtuu siitä, että proteiinijakeen valmistukseen tarvitaan monia tuotteen jälkeen pestäviä siiloja ja linjoja (liite 1). Siiloista näitä ovat raakamaitosiilo, kuoritusmaidon siilo, kiteytystankki, proteiinijakeen välisäiliöt ja proteiinijae-siilot. Lisäksi kauppamaitolinjan pesu, siirto- ja lastauslinjojen pesut ja erotuskolonnin pesu sekä haihduttimen pesu ja huuhtelut lisäävät COD-kuormaa. Proteiinijakeen valmistuksessa tuotantomäärällä ei ole riippuvuutta COD-määrän kanssa, vaan huomioitava on likaisten pesujen määrä. Toisaalta proteiinijakeen rasvattomuus ja laktoosittomuus ovat omiaan vähentämään proteiinijakeen säiliöiden pesujen COD-kuormitusta. Selittäväksi tekijäksi jää pesujen määrä, rasvattoman maidon haihdutuksen jälkeinen huuhtelu ja pesu sekä mahdollinen muu syy.

Valmistettaessa RO-retentaattitiivistettä tai tuorejuustoa korrelaatiot ovat negatiivisia. Tämä viittaisi siihen, että mitä enemmän näitä tuotteita valmistetaan, sitä vähemmän COD-päästöjä meijerilinjalle tulee. On mahdollista, että esimerkiksi tuorejuuston valmistuksessa syntyvä COD-kuorma on suhteellisesti pienempi kuin jos siihen käytetty maitoraaka-aine olisi jatkojalostettu muuten. Taulukosta 2 voidaan tulkita lisäksi, että vastaanotettu maitomäärä ei vaikuta COD-kuormaan; olennaisempaa on se, miten maitoa jatkojalostetaan.

8.1.2 Prosessipesut ja COD-kuormitus

Raakamaidon käsittelyssä käytettyjä siiloja, putkistoja ja muita laitteistoja pestäessä pesuveteen päätyy orgaanista ainesta. Rasvan osuus astioiden ja putkistojen seinämissä voi olla suurempi kuin se on raakamaidossa. Kerman käsittelyyn liittyvien pesujen rasvamäärät ovat suhteellisen korkeat ja näiden jälkeen tulevissa pesuissa orgaanisten aineiden hiilihydraattipitoisuudet ja proteiinipitoisuudet ovat keskeisiä COD-päästöjä aiheuttavia aineita. (Matilainen & Rinnepelto 2011.)

Korrelaation laskemiseen valittiin tämän selvitystyön näkökulmasta mahdollisimman olennaiset tiedot pesuista, huuhteluista, laukaisuista ja tuotantokertojen lukumäärästä. Tiedot saatiin MMC-järjestelmästä Excell-
taulukkolaskenta-ohjelmaan syöttämällä. Taulukossa 3 on liitteenä olevasta taulukosta (liite 3) koottu suurimmat korrelaatiot ja Pearsonin neliöt pesujen ja COD-kuorman suhteen tarkasteltuna.

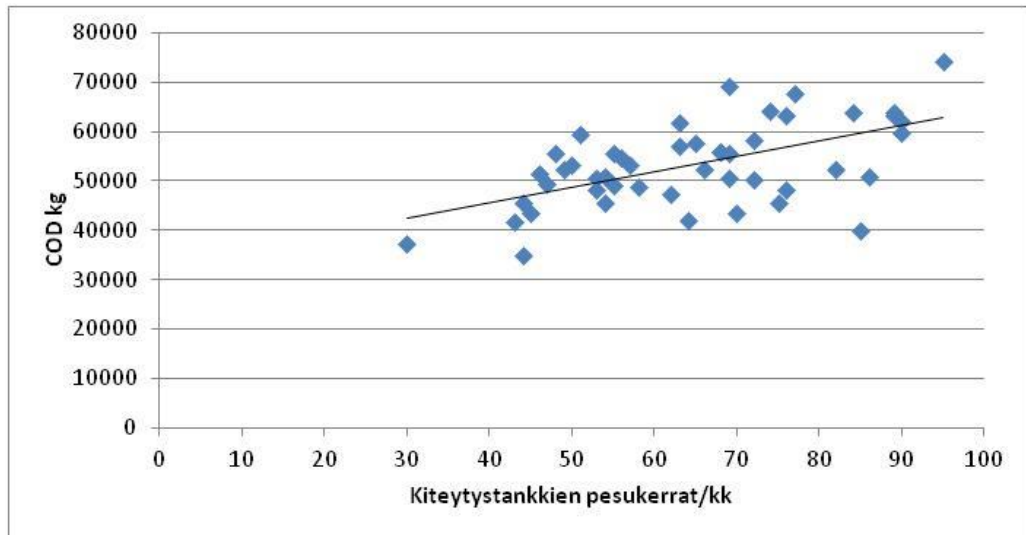
Taulukko 3. COD-määrän ja pesujen lineaarinen riippuvuuden tarkastelu

pesukohde/tuotantokerta	korrelaatio	Pearsonin neliö	merkitsevyys
kiteytystankkien (S1411-S1420) pesukerrat	0.567	0.322	jokseenkin merkitsevä
herajauheen valmistuskerrat	0.550	0.302	jokseenkin merkitsevä
kiteytystankkien pesukerrat heratiivisteiden jäljiltä	0.547	0.299	jokseenkin merkitsevä
haihduttimen pesukerrat krom. kurrin jäljiltä	0.486	0.236	
haihduttimen pesukerrat herajauheen jäljiltä	0.480	0.231	
lastauslinja LL1011 pesukerrat	0.477	0.228	
autoonlastauslinja KL:n pesukerrat	0.460	0.211	
maitoautojen pesukerrat	0.448	0.201	
vastaanottolinja 16 pesukerrat	0.437	0.191	
välikermasiilojen S1138-S1139 pesukerrat	0.435	0.189	
vastaanottolinjojen (VL 11-16) pesukerrat	0.413	0.171	
rehuheratiivisteiden lastauskerrat	0.410	0.168	
vastaanottolinja 15 pesukerrat	0.403	0.162	
kiteytystankkien pesukerrat rehuheratiivisteiden jäljiltä	0.254	0.299	jokseenkin merkitsevä
lastauslinja LL07 pesukerrat	-0.443	0.196	
siilo 23 pesukerrat	-0.609	0.371	merkitsevä

Pearsonin neliön kriittinen arvo = 0,240

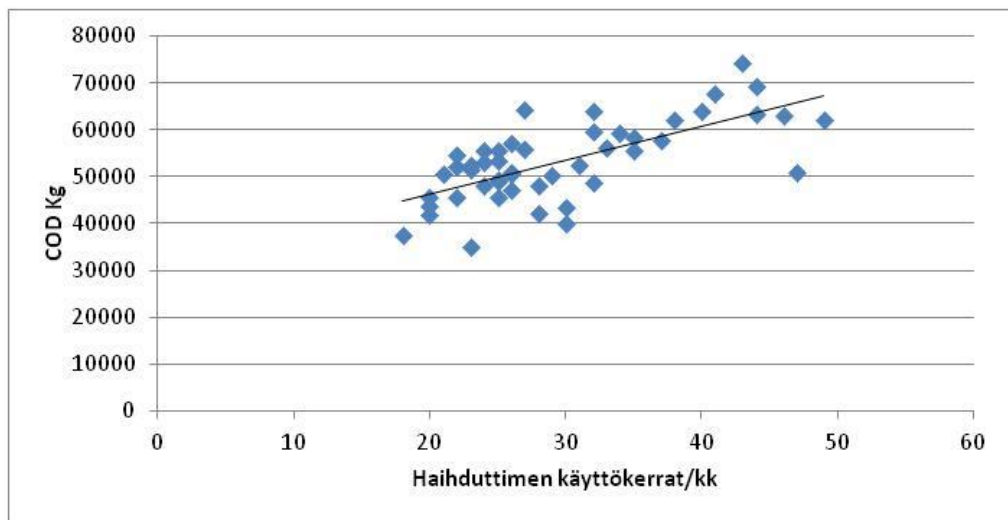
Otoskoko $n = 48$

Suurimmat riippuvuudet ovat kiteytystankkien pesuissa, herajauheen valmistuksessa ja pestäessä kiteytystankkia heratiivisteiden jäljiltä. Näiden osalta Pearsonin neliön arvot ylittävät kriittisen arvon ollen tilastollisesti jokseenkin merkitseviä. Merkitsevä riippuvuus tulee esille siilon 23 pesussa, jossa korrelaatio on negatiivinen. Tilastollisesti jokseenkin merkitsevä riippuvuus tulee myös kiteytystankkia pestäessä rehuheratiivisteiden jäljiltä. Liittestä 3 huomataan, että muita riippuvuuksia ei löydetty. Kiteytystankkien ja COD-kuorman yhteys havainnolistuu myös graafisesti (kuvio 10).



Kuvio 8. Kiteytystankkien pesukertojen ja COD:n korrelaatio

Lähellä Pearsonin neliön kriittistä arvoa ovat kromatograafiseen erotukseen tiivistettävän rasvattoman maidon haihdutus ja herajauhon valmistuksessa käytettävän kiteytyneen nanoheratiivisten haihdutus. Kun tutkittiin kaikkia haihduttimen kautta kulkevia tuotteita, saatiin korrelaatioksi 0,356 ja Pearsonin neliöksi 0,126. Tämä ei kertonut tilastollisesta riippuvuudesta. Kun sen sijaan poistettiin maitojauheeseen käytetyn kuoritusmaidon haihdutuksen ja RO-retentaattitiivisteen haihdutuksen lukemat, korrelaatioksi saatiin 0,686 ja Pearsonin neliöksi 0,471, joka on merkitsevä riippuvuus. Sama on havainnollistettu kuviossa 11.



Kuvio 9. Haihduttimen käyttö (poslukien RO-retentaatti ja maitojauhe)

Tuloksista (taulukko 3) huomattiin, että kiteytystankeilla on riippuvuus COD-kuorman kanssa. Tämä riippuvuus on lisäksi tilastollisesti jokseenkin merkitsevä. Kiteytystankkeja käytetään haihdutuksen jälkeisinä sisävarastosiiloina (liite 1). Tämä tarkoittaa sitä, että maitoraaka-aineet, joita siiloissa käytetään, ovat tiivistetyssä muodossa. Siitä seuraa, että siilojen tyhjentäminen on vaikeampaa ja siilojen pohjalle jää tuotteesta riippuen tuo-

tejämiä. Siiloissa ei ole käytössä tyhjennyshuuhtelua, joten siilojen pohjalle jäävät tuotejäämät menevät pesujen alkuhuuhteen osalta viemäriin. Tuotteissa on lisäksi hiilihydraatteja ja varsinkin valkuaisaineita, jotka vaikuttavat COD-kuormaan. Toisaalta kiteytystankeissa pidetään tuotteita, jotka ovat rasvattomia tai vähärasvaisia. Rasvapitoisuus vaikuttaa kasvatavasti kemialliseen hapenkulutukseen.

Kromatograafiseen erotukseen menevä maito ja herajauhon kuivaukseen menevä tiivistetty nanoheratiiviste aiheuttavat merkitseviä COD-päästöjä. Rehuheratiivisteen jäljiltä pestäessä kiteytystankkeja Pearsonin neliö nousee yli kriittisen arvon. Tällä on jokseenkin merkitsevä tilastollinen vaikutus (taulukko 3). Tämä voitaisiin tulkita siten, että rehuheratiiviste vaikuttaa COD-kuormaan mutta ei yllä kromatograafiseen erotukseen menevän rasvattoman maidon tai tiivistetyn nanoheratiivisteen vaikutukseen.

Toiseksi suurin korrelaatio on herajauheen valmistuskerroilla. Tilastollisesti tämä on jokseenkin merkitsevä tieto. Herajauheen valmistuskuukausina on huomattavasti korkeampi COD-kuorma. Herajauheen valmistuksen vaikutuksen syynä on, edellä mainittujen kiteytystankkien lisäksi, haihduttimeen haihdutuksen jälkeen jäävä kiteytynyt heratiiviste, jonka vaikutus näkyy korrelaatioissa. Lisäksi korrelaatioissa näkyy venturipesun vaikutus. Herajauheen valmistus ei ole suoraan riippuvainen käytetystä maidosta, vaan nanoheratiivisteen lastausmääristä.

Merkitsevin Pearsonin neliö ja suurin korrelaatio on siilon S23 pesussa. Siiloa S23 käytetään pääsääntöisesti käänteisosmoosilaitteesta tulevan RO-retentaatin varastointisiilona. Siiloa käytetään lisäksi raakamaidon vastaanoton varasiilona ja kuoritunmaidon siilona. Korrelaatiota voitaisiin tulkita siten, että mitä useammin S23 siiloa pestään, sitä vähemmän COD-kuormaa meijerin jätevesilinjalle tulee. Tämä taas johtuu siitä, että S23 on pääsääntöisesti RO-retentaatin varastosiilona. Kun RO-retentaattia varastoidaan, suolaa ei pääse joko nanosuodatukselta tai käänteisosmoosilaitteesta jätevesilinjaan.

Muiden korkeiden korrelaatioiden perusteella ei voi tehdä kuin arvioita, koska nämä eivät ylitä Pearsonin neliön kriittistä arvoa. Kuitenkin suurimpien korrelaatioiden joukossa ovat esimerkiksi maidonvastaanottolinjojen pesut. Syy siihen, että vastaanottolinjojen ja COD:n välillä on riippuvuutta, on raakamaidon sisältämä rasva ja valkuaisaine. Auton tankkien pesut ovat myös huomattava COD-kuormaan vaikuttava tekijä raakamaidosta johtuen. Tähän antaa vihjeen melko korkea korrelaatiolukema jokaisella vastaanottolinjalla (liite 3). Kuitenkaan mikään vastaanottolinjoista ei ylitä kriittistä arvoa.

8.2 Tuotannon ja COD-kuormitusten suhteuttaminen raakamaidon määrään

8.2.1 Vuosikohtainen vertailu

Vuosien 2009–2012 vertailussa Valion Joensuun meijerin vastaanottaman raakamaidon määrä oli pienin vuonna 2010. Tämän tiedon pohjalta vuosi 2010 valittiin perustasoksi, jonka suhteen laskettiin kerroin muina vuosina vastaanotetulle raakamaidon ja siirtomaidon määrille sekä siirtojen jälkeen raakamaidosta tehtaan käyttöön tulleen raakamaidolle. Vastaavasti toimitettiin juustomaito- ja kauppamaitolinjoille johdettujen maitomäärien suhteen. Käyttäen näin saatuja kertoimia laskettiin se vuotuinen jäteveden kemiallinen hapenkulutus, joka olisi vastannut maitomäärässä tapahtunutta muutosta.

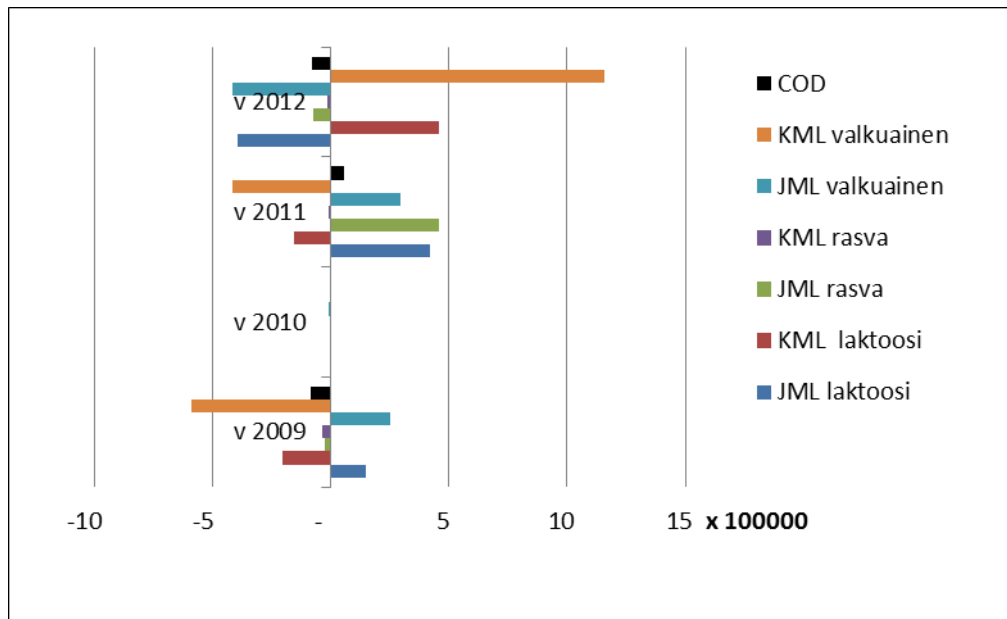
Raakamaidoissa olleet määrät rasvaa, valkuaisaineita ja hiilihydraatteja laskettiin käyttämällä raakamaidossa keskimäärin olevia pitoisuuksia, joiden mukaan rasvapitoisuus on 4,3 %, valkuaispitoisuus 3,5 % ja hiilihydraattipitoisuus 4,5 %. Juustomaitolinjan (JML) osalta näiden kolmen kuiva-aineen määrät laskettiin tehtaan tallentamista MMC-raporteista saatavien tietojen mukaisesti. Kerman osalta käytettävissä oli mitatut rasvamäärät. Valkuaisen ja hiilihydraattien osalta käytettiin laskuissa keskimääräisiä arvoja. Niiden mukaan kerman valkuaispitoisuus on 2 % ja hiilihydraattipitoisuus 2,55 %. Rasvan, valkuaisaineen, hiilihydraattien ja kuiva-aineen osalta laskettiin kertoimet vastaavasti juustomaitolinjalle samoin kuin meijerin vastaanottamalle raakamaidolle. Laskennan etenemistä kuvaa seuraava esimerkki vuoden 2009 käsittelystä.

$$\text{raakamaitokerroin} = k_{rm} = \frac{\text{vuonna 2009 todentunut maitomäärä}}{\text{vuonna 2010 todentunut maitomäärä}}$$

Esimerkiksi laskennallinen vuoden 2009 COD-kuorma laskettiin seuraavasti:

$$\text{vuonna 2009 laskennallinen COD} = k_{rm} * \text{vuoden 2010 todentunut COD}$$

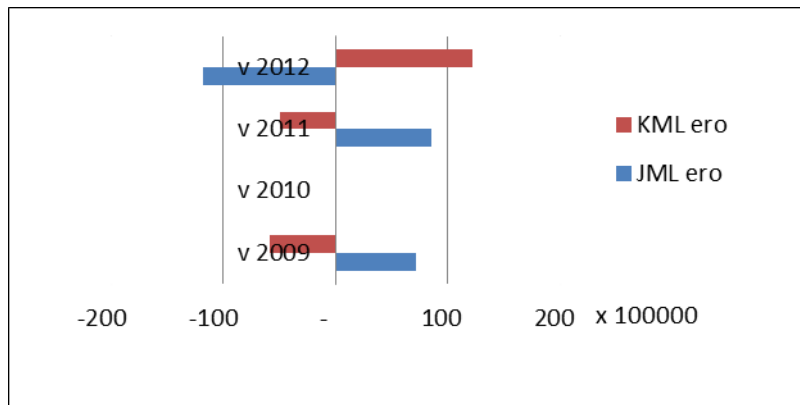
Laskettuja kertoimia hyödyntäen esitettiin tulokset graafisesti. Laskennalliset kertoimet merkittiin seliteosaan (kuvio 12).



Kuvio 10. JML:n ja KML:n maidon sekä kerman sisältämien rasvan, valkuaisen ja laktoosin todentuneiden ja vuoteen 2010 suhteutettujen määrien erotus

Vastaanotetun maidon ja sen koostumuksen suhteen vuosi 2010 edusti laskuissa perustasoa. Siksi kuviossa 12 on sen kohdalla vain nollapylväät: todentuneet määrät valkuaisista, rasvaa, laktoosia ja COD-kuormaa olivat yhtä suuret. Jos COD-kuorman suuruus olisi muuttunut vastaavasti kuin vastaanotetun maidon määrä, vuodet 2012 ja 2009 olisivat olleet ympäristönäkökulmasta suotuisimmat. Vuodet 2011 ja 2009 eivät olisi poikenneet toisistaan oleellisesti KML:n maidossa olleen laktoosin ja valkuaisaineen eikä JML:n valkuaisen osalta. Sen sijaan rasvan määrä ylittyi JML:lla suhteessa vastaanotettuun maitomäärään vain vuonna 2011. Vuosi 2012 poikkesi muista vuosista selkeästi KML:n suuren valkuais- ja laktoosiyliytysten osalta.

Saatuja tietoja peilattiin JML:lle ja KML:lle tulleiden maitojen määrään (kuvio 13). KML:n maitomäärän ylitys oli suuri vuonna 2012. KML:n maidon valkuais- ja laktoosimäärät olivat yhdenmukaiset tämän tiedon kanssa. Huomiota herättävää oli, että KML:n maidon rasvamäärä oli pysynyt pienenä (kuvio 13). Vuonna 2012 JML:n maitomäärä oli suhteellisen pieni. Vuosina 2009 ja 2011 KML:n ja JML:n tilanteet olivat vastakkaiset vuoteen 2012 verrattuna.

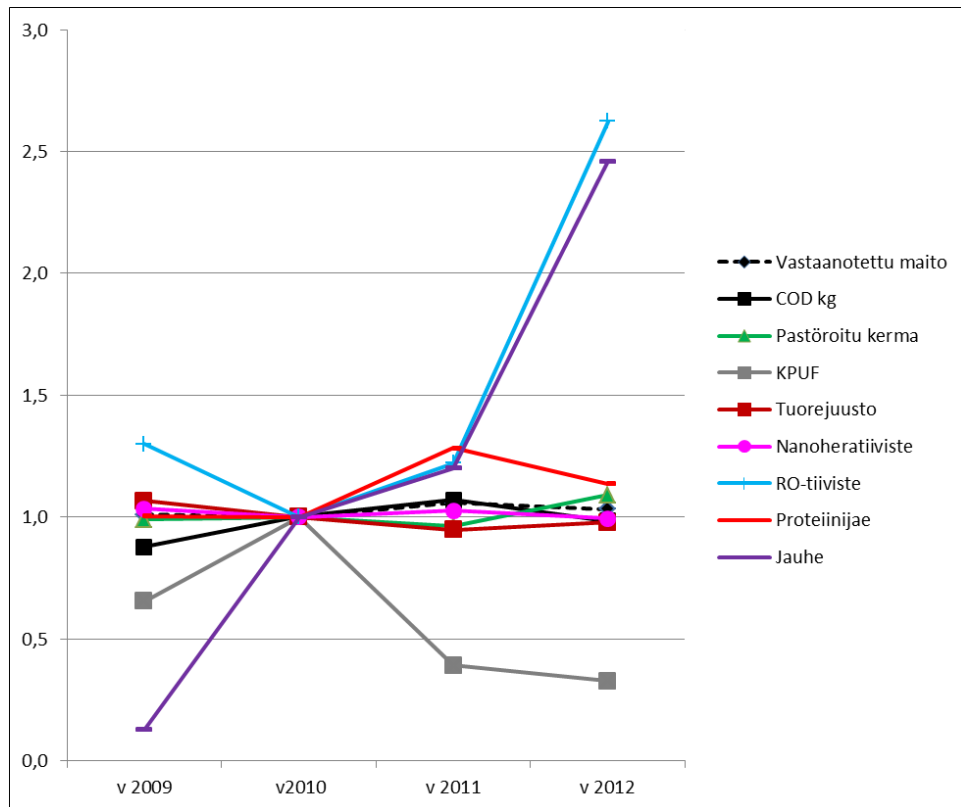


Kuvio 11. KML:n ja JML:n vuoteen 2010 suhteutettujen maitomäärien erot

Valmistettuja tuotemääriä verrattiin suhteuttamalla tietoja vuoden 2010 toimintaan. Tuotannot, jotka otettiin mukaan, olivat kerman pastörintimäärä, tuorejuuston valmistusmäärä, maitoproteiinin valmistusmäärä, nanoheratiivisten valmistusmäärä ja maitojauheen valmistusmäärä. Kerman ja tuorejuuston mukaanotto oli perusteltua niiden korkean rasvapitoisuuden takia. Nanoheratiivisten osalta perusteluna oli korkea hiilihydraattipitoisuus ja maitoproteiinin osalta vastaavasti korkea valkuaispitoisuus. Maitojauhe tuli mukaan, koska maitojauheen hiilihydraatti- ja proteiinipitoisuudet ovat korkeat. KPUF otettiin mukaan, vaikka sitä ei ole valmistettu vastaanotetusta raakamaidosta vaan erikseen tuodusta raaka-aineesta juustomaidon valmistuksen tarpeisiin. Jäteveden suhteen sen kemiallinen hapenkulutus on jopa hieman suurempi kuin vastaavan raakamaitopäästön. On kuitenkin huomattava, että käytetyt KPUF-määrät ovat pienet. RO-retentaattitiivisten merkitys on siinä, että sen talteenotto alentaa jätevesien COD-pitoisuutta tuotantoprosessin loppupäässä.

Jotta määriltään hyvin erilaisia tuotteita päästiin vertaamaan, toimittiin seuraavan mallin mukaisesti:

1. Vastaanotettujen raakamaitojen suhteita kuvaavat kertoimet laskettiin jakamalla tarkastelun kohteena olevan vuoden raakamaitomäärät vuoden 2010 määrällä
2. Saaduilla kertoimilla kerrottiin vuoden 2010 tuotemäärät, jolloin saadut laskennalliset tuotemäärät kuvasivat raakamaidon määrään suhteutettua tuotantoa
3. Seuraavaksi laskettiin todentuneiden tuotemäärien suhde laskennallisiin tuotemääriin
4. Vastaavasti määriteltiin todentuneen jäteveden COD-kuorman suhde laskennalliseen COD-kuormaan
5. Vertailua varten tulokset esitettiin graafisesti (kuvio 14)

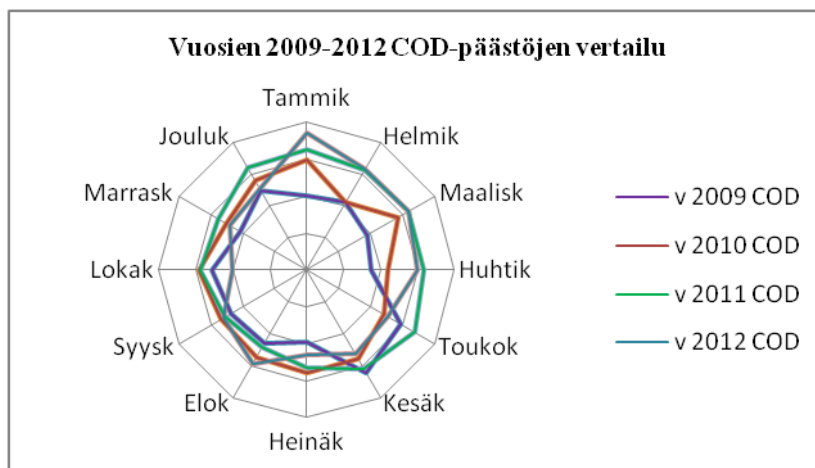


Kuvio 12. Tuotemäärät ja COD-kuorman suuruus suhteutettuna vuoden 2010 raaka-maidon määrään

Keskeiset erot suhteellisissa tuotantomäärissä tulivat esille jauheen, RO-retentaattitiivisteen ja vastaanotetun KPUF:n kohdalla. Näistä kiinnitettiin huomio erityisesti jauheeseen, jonka valmistukseen kuuluu useita jätevesikuormituksen suhteen kriittisiä kohtia ja lisäksi jauheeseen käytetty maitomäärä on suuri verrattuna esimerkiksi RO-tiivisteseen. Jauheen määrä kasvoi selkeästi vuodesta 2009 vuoteen 2010, jolloin jauheen määrä oli likimain sama kuin vuonna 2011. Selkeä kasvu määrässä tuli vuoden 2012 kohdalla.

8.2.2 Kuukausikohtainen vertailu

Vuonna 2009 COD-kuorma oli keskimääräisesti alhaisin. Kuukausikohtaista vaihtelua vuosien välillä esiintyy, kuten näkyy kuvio 15. Se nosti esille tarpeen verrata vuosia 2009–2012 kuukausikohtaisesti. Vertailun lähtökohdaksi valittiin kunkin kuukauden COD-kuorman suuruus 1000 maitokilogrammaa kohti. Vastaavasti vertailun kohteeksi otettiin eri tuotteiden osalta se, kuinka paljon kyseistä tuotetta oli valmistettu maitokilogrammaa kohti. Saadut arvot esitettiin graafisesti (kuvio 15).



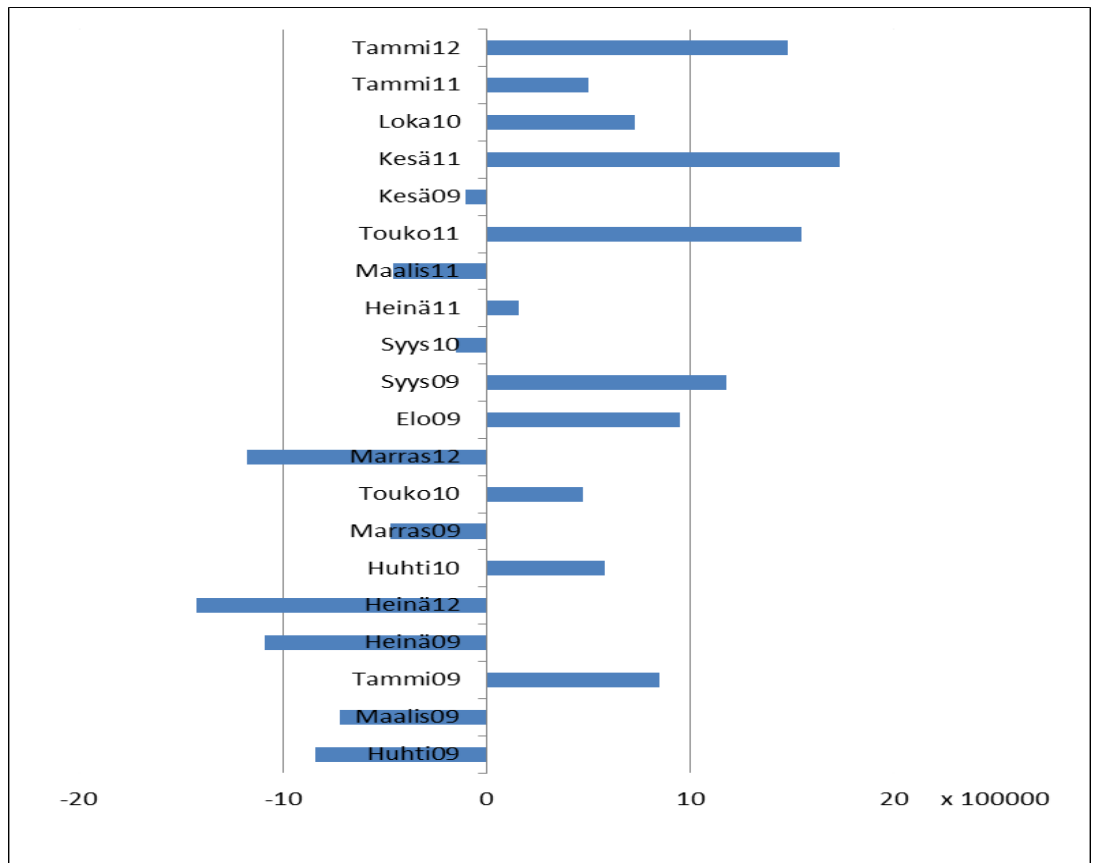
Kuvio 13. Kuukausikohtaisten COD-päästöjen vertailu vuosina 2009–2012

Ensimmäisenä vaiheena kuukaudet järjestettiin sen mukaan, kuinka suuret olivat olleet 1000 maitokilogrammaa kohti COD-kuormat. Kuukausista valittiin tarkemman tutkistelun kohteeksi ne, joiden kohdalla COD-määrä 1000 maitolitraa kohti oli alle 3 kg tai yli 4 kg. Nämä edustivat kuukausikohtaisen COD-kuorman ääripäitä. Lisäksi otettiin mukaan COD-kuormia edustavat keskiarvokuukaudet. Taulukossa 4 on valituksi tulleet ajat. Soluissa olevat luvut kertovat sijainnin järjestetyssä kuukausijoukossa. Kuukausitarkasteluun valitut kuukaudet sijoitettuna vuosikalenteriin

Taulukko 4. Kuukausitarkasteluun valitut kuukaudet sijoitettuna vuosikalenteriin

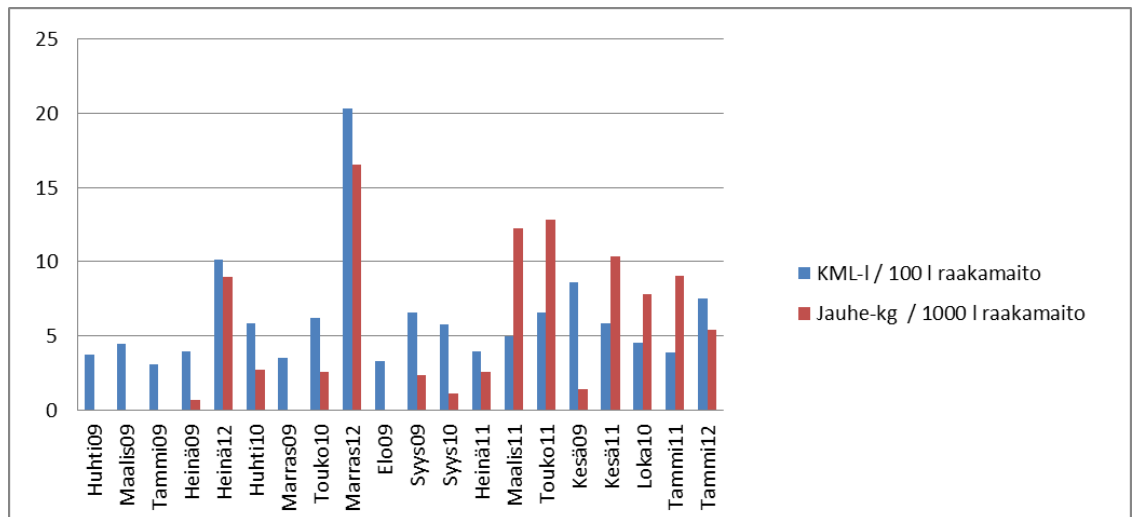
	tammikuu	helmikuu	maaliskuu	huhtikuu	toukokuu	kesäkuu	heinäkuu	elokuu	syyskuu	lokakuu	marraskuu	joulukuu
2009	3		2	1		44		7	8			
2010				5					24	46		
2011	47		42		43	45	25					
2012	48						4				6	
COD / 1000 kg maitoa < 3 kg												
COD / 1000 kg maitoa > 4 kg												
COD / 1000 kg maitoa = keskimääräinen												

Visuaalisesti arvioiden seitsemästä yli 4 kg COD-kuorman kuukausista neljä sijoittui vuoden 2011 alkupuoliskolle. Vuonna 2009 oli 5 kuukautena alle 3 kg ja yksi yli 4 kg. Valittujen kuukausien osalta laskettiin JML:n ja KML:n maidon ja valmistetuista tuotteista jauheen määrät 1000 maitokilogrammaa kohti. Tulokset havainnollistettiin pylväsgraafiksi (kuvio 16 ja kuvio 17).



Kuvio 14. JML:n maidon määrän poikkeama syyskuun 2010 ja heinäkuun 2011 keskiarvosta

Kuvion 16 graafissa COD-kuorma on ylhäällä suurin pienentyen alaspäin. Kuvion pohjalta päädyttiin oletukseen, että suhteellisesti suuri JML:n maidon määrä ennakoi suurta COD-kuormaa. Oletusta tukee se, että JML:n maidon rasvapitoisuus on korkeampi kuin KML:n ja JML:n jatkokäsittely tuottaa rasvaista jätevettä. Tilanteen selkeyttämiseksi tehtiin vastaava tarkastelu myös KML:n ja jauheen valmistusmäärien suhteen (kuvio 17). KML:n maidon vaihtelu ei ollut kovin systemaattista. Se, mikä herätti huomiota, oli KML:n ja jauheen välinen suhde. Jauheen valmistusmäärällä ja jauheeseen käytettävällä osuudella KML:n tuotantoa voi olla riippuvuutta COD-kuormaan.



Kuvio 15. Kaupparamaitolinjan maidon ja valmistetun jauheen määrät eri kuukausina kasvavan COD-kuorman mukaisessa järjestyksessä

8.3 Jätevesiin päätyvät hävikit

8.3.1 Maidon komponenttien hävikit suhteutettuna raakamaidon määrään

Maidon aineosien hävikki, joka päättyy jätevesiin, syntyy pesuissa sekä teknisten vikojen ja inhimillisten virheiden seurauksena. COD-kuormituksen näkökulmasta tutkittiin rasva- ja valkuaisainehävikkejä. Laskemisessa käytettiin JML:n ja KML:n osalta mitattuja arvoja ja muilta osin kirjallisuudessa esiintyviä keskimääräisiä arvoja. Hävikin laskemisessa keskityttiin vastaanoton, maito- ja kermasiilojen, kerman pastöroinnin ja separoinnin, maidon vakioinnin sekä edellä mainittuihin liittyvien siirtoputkistojen pesuihin. Tältä pohjalta rasvan ja valkuaisen hävikin laskemisessa edettiin seuraavasti:

- Meijerin omaan tuotantoon jäävän maidon rasva- ja valkuaismäärä laskettiin vähentämällä vastaanotetun maidon rasvamäärästä siirtomaitojen osuus
- Omaan tuotantoon jääneestä rasva- ja valkuaismäärästä vähennettiin JML:n ja KML:n maitojen, lastatun kerman, tuorejuuston kerman ja lastatun kuoritun maidon rasva- ja valkuaismäärät
- Erotus tulkittiin tarkasteltavien aineiden hävikiksi, joihin sisältyivät myös kyseisissä kohteissa hävikiä aiheuttaneet tekniset viat ja inhimilliset virheet
- Hävikkimäärät muutettiin raakamaitomääräksi olettamalla, että raakamaidon rasvapitoisuus olisi 4,3 % ja valkuaispitoisuus 3,5 %

- Lopuksi laskettiin, kuinka monta prosenttia hävikki oli omaan käyttöön jääneestä maitomäärästä. Prosenttiosuudet koottiin taulukkoon 5

Taulukko 5. Hävikit muunnettuina prosentuaalisiksi hävikeiksi raakamaitona

vuosi	rasva → maitohävikki	valkuainen → maitohävikki
2009	4,00 %	2,90 %
2010	4,10 %	2,20 %
2011	1,60 %	-0,80 %
2012	1,40 %	1,80 %

Rasvan suhteen laskettuna hävikki oli vuonna 2012 pienempi kuin valkuaisaineen suhteen laskettuna. Vuonna 2011 valkuaisainehävikki oli negatiivinen, mikä suoraviivaisena tulkintana merkitsisi sitä, että prosessiin olisi tullut ulkopuolelta valkuaista. Tulkinta ei tunnu uskottavalta. Ristiriitaa voisi selittää se, että siirtomaidoissa ja lastatuissa tuotteissa olleet valkuaismäärät ovat poikenneet selvästi käytetyistä keskiarvotiedoista. Mitattujen arvojen osuus oli pieni. Rasvahävikin suhteen suurempi hävikki vaikuttaa perustellulta. Kohdealue, jota tarkasteltiin, sijoittuu rasvaisten tuotteiden alueelle. Jätevesiin päätyvää rasvamäärää pienentävät todellisuudessa tuorejuustopesut. Nämä pesuvedet kulkevat rasvanerotimen kautta. Huuhdekeräily muuttaa myös laskennallista kuvaa, kun se kierrättää astioihin jääneitä tuotteita huuhdeveden mukana takaisin prosessiin.

8.3.2 Inhimillisistä tekijöistä ja teknisistä vioista aiheutuvat hävikit

Prosessissa tapahtuvat inhimilliset virheet ja tekniset ongelmat tuottavat ylimääräistä COD-kuormitusta silloin, kun niiden seurauksena raakamaitoa tai jotakin muuta tuotetta pääsee jätevesiin. Näiden hävikkien vaikutus päästöihin tutkittiin vuosilta 2011 ja 2012 siltä osin kuin päästölajit ja -määrät olivat löydettävissä MMC-järjestelmän poikkeamaraporteissa.

Poikkeamaraporteista poimittiin tiedot siitä, missä kohteessa vika tai ongelma oli todettu ja mitä sen seurauksena oli päätynyt jätevesiin (liite 4). Jätevesien seurantajärjestelmän antamien hälytysten osalta koottiin tiedot siitä, oliko hälytyksen syy selvillä. Hankituista tiedoista laadittiin kooste, johon otettiin mukaan useimmin todetut tapahtumat (taulukko 6).

Taulukko 6. Tekniset ongelmat ja inhimilliset virheet vuosina 2011 ja 2012

aiheuttaja	tekniinen vika	inhimillinen virhe	yhteensä	osasto/prosessi/prosessin osa
venttiilit	16	2	18	KPL, JML, vastaanotto
letkut	4	-	4	KL5, KML, SI606, vastaanotto
näytteenotto nippa	-	9	9	YK
sekoittaja	1	-	1	kiteytystankki
haihduttaja	2	-	2	HeJa
pumppu	1	-	1	HeJa
siilot	2	-	2	S01 nanoheratiiviste
syöttösuppilo	-	1	1	JML
sähkökatkos	1	-	1	YK
ylivuotoputki	-	1	1	S23 RO-tiiviste
yhteensä	27	13	40	

Teknisten venttiilivikojen määrä oli lukumääräisesti suurin. Niistä enemmistö (13/27) oli todettu JML:lla. Kaikki näytteenottonipan ongelmat olivat inhimillisiä virheitä, koska niiden sulkeminen tehdään käsin eivätkä ne sulkeudu automaattisesti. Erityisesti venttiiliviat, letkurikot ja muut vastaavat vuototilanteet merkitsevät COD-kuorman lisäystä jätevesissä. Jäteveteen päätyneiden aineiden kohdalla oli maininta raakamaidosta 20 kertaa. Muiden maitoraaka-aineiden tai pesuliuosten kohdalla merkinnät jäivät alle viiden.

Emäspesuliuosten vaihdosta oli rekisteröitynyt tieto maaliskuussa 2011 kaksi kertaa. Vaihtopäiviä edeltävinä päivinä jäteveden COD-pitoisuudet olivat olleet korkeat. Vaihtopäivien välillä oli kahtena päivänä tullut hälytykset meijerin jätevedestä, mutta syytä niihin ei tiedetty. Hälytysten suhteen tilanne oli usein sama. Vain harvoin oli voitu kirjata syy siihen.

Hälytyksistä 20/29 oli ilman syytä kirjautuneita, oletettu syy oli kolmessa tapauksessa ja loppuissa syy oli selkeästi tiedossa. Tammikuussa 2011 oli rekisteröity tieto raakamaidon vuotamisesta viemäriin. Kun edellisen päivän COD-kuorma oli todella korkea, yli 5000 kg/vrk, nousi esille kysymys rekisteröinnin viiveellisyydestä ja sen mahdollisuudesta tunnistaa hälytyksen aiheuttava tekijä. Samanlaisia esimerkkejä löydettiin useita. Kesäkuussa 2011 oli hälytys kahtena peräkkäisenä päivänä. Kumpakin edelsi päivä, jolloin COD-kuorma oli yli 4000 kg/vrk. Helmikuussa 2012 yhtä hälytyksen rekisteröintiä edelsi yli 5000 kg/vrk COD-kuorma. Joulukuussa 2012 hälytystä edeltävän päivän COD-määrä oli yli lähes 6000 kg. Tuona päivänä oli todettu venttiilivika, jonka seurauksena maidon vastaanotossa oli valunut tuntematon määrä raakamaitoa viemäriin.

8.4 Pesujen ja COD-kuormien vertailu

8.4.1 Pesujen ja huuhteluiden määrät

Tutkittaessa osastoittain prosessissa tapahtuvien pesujen määriä vuosien 2009–2012 aikana voi taulukosta 7 huomata, että yhteiskäsittelyssä ja maidon vastaanotossa on huomattavimmat pesukerrat. Tuorejuuston sekä hera- ja jauheosaston pesut jäävät määrällisesti pienemmiksi. Yhteiskäsittelyn ja tuorejuuston osalta käytössä on huuhtekeräily-järjestelmä, joka ottaa talteen alkuhuuhteen aikana syntyvää pesuvettä. Vastaanotossa järjestelmä ei ole käytössä, joten voidaan tulkita, että sitä kautta syntyisi huomattava määrä COD-kuormaa ottaen huomioon pesukertojen lukumäärän.

Taulukko 7. Pesu- ja huuhtelumäärät osastoittain vuosina 2009–2012

	pesu- ja huuhtelumäärät	%
yhteiskäsittely	69 131	47,2
vastaanotto	43 553	29,7
hera- ja jauhe	19 450	13,3
tuorejuusto	14 319	9,8
yhteensä	146 453	

Tarkasteltaessa prosessien yksittäisiä pesukertoja liitteestä 5, huomattiin, että eniten pesuja on raakamaitosiiloilla. Tosin raakamaitosiilojen osalta pesut jakaantuvat siilojen kesken, joten yksittäisen siilon pesukerrat eivät ole sen suuremmat kuin muidenkaan prosessilaitteiden. Huomattavimmat pesumäärät kertyvät autojen siilopesuista maidon vastaanottolinjoilla ja samoin vastaanottolinjoja pestäessä. Tämä johtuu siitä, että jokainen auto pestään tai huuhdellaan maidon vastaanoton jälkeen ja pesun yhteydessä syntyy näin COD-kuormaa.

Siilopesuissa raakamaitosiilojen jälkeen pestään kerman välisäiliöitä, tuorejuuston pakkaussäiliöitä ja kiteytystankkeja. Kaikissa näissä käytetään huomattavaa COD-kuormaa aiheuttavaa maitoraaka-ainetta. Yhteiskäsittelyn muista pesuista suurimpia pesukertamääriä ovat lastauslinja LL07 ja juustomaitolinjan pesut. Suurimmista oletetuista COD-kuormaa aiheuttavista prosessin osista haihduttimen pesukerrat ovat huomattavat, kun taas venturin ja erotuskolonnin pesukerrat alhaiset (Räty, haastattelu 1.11.2012). Taulukkoon 8 on koottu separaattoreiden laukaisumäärät. Taulukosta huomataan, että baktofuugin laukaisut ovat määrällisesti suurimmat. Baktofuugin laukaisuja ei johdeta puristeherasiiloihin vaan suoraan viemäriin.

Taulukko 8. Separaattoreiden laukaisukerrat vuosina 2009-2012

	laukaisukerrat	%
juustomaitolinjan separattori	13 696	36,4
juustomaitolinjan baktokuugi	20 544	54,6
kaupamaitolinjan separattori	3 411	9,1
yhteensä	37 650	

8.4.2 Johtokykyseurannat

Johtokyky-arvo saatiin seuraamalla mahdollisimman monipuolisesti erilaisia pesuja valvomoiden päätteiltä. Valvontajakson aikarajoitteet rajoittivat pesuvaihtoehtojen seuraamista niin, että tarkemman tutkimisen kohteeksi valittiin vain hera- ja jauheosaston sekä yhteiskäsittelyn pesut. Tutkimisen ulkopuolelle jäivät tuorejuusto-osaston ja vastaanoton pesut. Valinta ka-ventaa tulosten käytettävyyttä.

Johtokykyseurannan kohteena olivat seuraavat asiat (liite 6):

- käytettävä pesulinja
- pesukohde pesulinjalla
- pesuvirtaus
- maitoraaka-aine, jonka jäljiltä pesukohde pestään
- johtokyvyn suurin arvo pesun aikana
- huuhtokeräilyn käynnistyminen
- huuhtokeräilyaika
- alkuhuhteen lämpötila

8.4.3 Johtokyvyn ja pesujen määrän vertailu

Taulukkoon 9 on koottu ne pesut, joiden vuosien 2009–2012 yhteismäärä ylitti 2000 pesun rajan ja johtokyky 5 mS rajan.

Taulukko 9. Pesujen määrä yli 2000, johtokyky yli 5 mS

pesukohde	johtokyky (mS)	pesumäärä v.2009–2012
raakamaitosiilot	3–8	11230
kiteytystankit S1411 - S1420	4–40	3100
korkeapastööri	n.5	3019
kuoritunheran varastosiilot S11-S14	n.5	2884
herakermankuorintalinja KL5	n.5	2693
proteiini- ja esiilot S1432-1437	2–10	2271
haihduttimen huuhtelu/pesu	4-100	2071

Raakamaidolle tarkoitettujen siilojen pesumäärän suuruus selittyy sillä, että siiloja on useita ja ne pestään jokaisen tyhjennyksen jälkeen. Johtokyky voi nousta raakamaitosiilon pesun yhteydessä merkittäväksi johtuen raakamaidon sisältämästä rasvasta, laktoosista ja proteiinista, jotka vaikuttavat pesuveden suolapitoisuuteen. Yhteiskäsittelyn pesuista merkittäviä johtokykyjä mitattiin proteiini- ja esiiloista. Johtokyky saattoi olla noin 10 mS. (Taulukko 9.)

Merkittäviä johtokykyjä mitattiin kiteytystankeilta. Esimerkiksi RO-retentaatin jälkeisessä pesussa pesuveden johtokyky oli yli 40 mS ja tiivistetyn heran jälkeen yli 20 mS. Lähes kaikissa kiteytystankkien pesuissa, joita tehtiin vuosina 2009–2012 yli 3000, lukemat nousivat seuranta-pesuissa yli 10 mS. Pienempiä lukemia kiteytystankeilta mitattiin seurantajaksolla ainoastaan kromatograafiseen erotukseen menevän tiivistetyn rasvattomasta maidon jälkeisistä pesuista. Toinen hera- ja jauheosaston pesu, joka näyttäisi vaikuttavan merkittävästi COD-kuormaan, oli haihduttimen pesut. Haihduttimen kohdalla johtokykyarvo vaihteli huomattavasti, mutta varsinkin RO-retentaatin ja kromatograafisen maidon jäljiltä lukemat nousivat lähelle 100 mS. Lisäksi haihduttimen isoja pintoja pestäessä meni viemäriin alkuhuuhteen mukana huomattava määrä liuosta.

Taulukko 10. Pesujen määrä yli 2000, johtokyky alle 5 mS

pesukohde	johtokyky (mS)	pesumäärä v.2009–2012
raakamaitosiilojen edustaputkistot	n.3	5205
lastauslinja LL07	n.3	4958
JML huuhtelu/pesukerrat	n.0,5	3791
kermanpastörintilinja KPL	n.0,5	3585
kermavälisiilot S1138 ja S1139	n.2.5	3578
kermanlastauslinja LL1011	n.3	2840
herakermasäiliöt S1126-S1127	n.1	2669

Pesukohteet, joiden yhteismäärä vuosien 2009–2012 aikana oli yli 2000 kertaa, mutta joiden johtokyky jäi alle 5 mS, ovat esitettyinä taulukossa 10. Yhteiskäsittelyssä pesujen määrät ovat suuria. Niiden tuottamaa COD-kuormaa voidaan vähentää huuhdekeräilyllä.

Käsiteltäessä kermaa johtokyky jäi alkuhuuhhteessa kohtuulliseksi. Tämä oli yllättävää, koska kerman rasvaprosentti on noin 40 ja herakerman rasvaprosentti noin 30. Voisi siis olettaa, että seurantajaksolla linja tai siilo tyhjentyi tuotannon lopussa tehokkaasti. On myös mahdollista, että alkuhuuhde ei irrota pääosaa rasvasta siilojen ja putkistojen seiniltä, vaan sen tekee vasta pesun emäs- ja happovaihe.

Raakamaitojen edustaputkistojen pesujen johtokykyjen suuruus ja pesumäärät antoivat viitteitä merkittävästä COD-kuormasta meijerin jätevesilinjaan. Kevään 2013 sillojen S01–S14 edustaputkistojen uudistamisessa pesujen määrä lisääntyi huomattavasti. Kasvun syynä oli se, että ennen edustaputkistot oli jaettu kolmen silloedustan ryhmiin. Uudistuksen jälkeen jokaista edustaputkea on voitu pestä erikseen. LL07 lastauslinjalla lastatessa korkein johtokykylukema (18,5 mS) mitattiin RO-retentaattitiivisteen jäljiltä. Tiivistetty hera, jota lastauslinjalta suurimmalta osin lastataan, antoi johtokyvyksi noin 3 mS.

Taulukko 11. Pesujen määrä alle 2000, johtokyky yli 5 mS

pesukohde	johtokyky (mS)	pesumäärä v.2009–2012
haihduttimelta linja kiteytystankeille L101	2–100	1695
autoonlastauslinja KL	2–10	1220
proteiini- ja laktoosijaesäiliöt S1931-S1933	n.7	778
RO-retentaatin siirtolinja L103	n.40	687
kolonnin syöttölinja L204	n.9	563
proteiinijakeen siirtolinja L102	n.7	517
erotuskolonnin pesuvesisiilo S1930	n.9	465
kuivauksen massalinja L313	10–20	444
tiivisteen syöttösäiliö S1802	n.10	432
sumuttajanputkisto L502	n.10	386
venturipesuri	n.30	273

Taulukkoon 11 koottiin pesut, joiden johtokyky oli yli 5 mS, mutta pesujen määrät olivat vuosina 2009–2012 yhteensä alle 2000. Autoonlastauslinjan KL pesua lukuun ottamatta pesut olivat hera- ja jauheosaston pesuja. Linjan L101 haihduttimelta kiteytystankeille johtokyky vaihteli. L101 linjaa pestään melko usein, mutta ainoastaan RO-retentaatin jäljiltä tehdyistä pesuista mitattiin korkeita johtokykyjä. Useimmiten linjaa käytetään kuitenkin joko maitojauheeksi menevän kuoritun maidon tai kromatografiin erotukseen menevän kuoritun maidon siirtolinjana. Tällöin johtokyvyt jäivät pieniksi. Muita korkeita johtokykyjä mitattiin venturipesusta, kuivauksen massalinjalta L313 ja RO-retentaatin siirtolinjalta L103. Mahdollisesti näiden pesujen vaikutus COD-kuormaan on huomattava, vaikka pesujen määrä ei ole suuri.

8.4.4 Huuhdekeräilyn toiminta

Huuhdekeräilyjärjestelmän toimivuutta selvitettiin keräämällä tietoja huuhteen sähkönjohtokyvystä (liite 6). Johtokyvyn lisäksi kirjattiin muistiin se, ylittikö johtokyky huuhdekeräilyjärjestelmä käynnistymisrajan. Kun raja saavutetaan alkuhuuhteen mennessä huuhdekeräilyyn, johtokyky nousee ja huuhdekeräily käynnistyy. Johtokyvyn laskiessa tarpeeksi alas alkuhuuhde menee viemäriin. Huuhdekeräilyn käynnistymisessä on viivettä, joka voi vaikuttaa muiden toimintojen käynnistymiseen. Tämä saa aikaan sen, että korkean johtokyvyn omaava alkuhuuhde voi ohjautua viemäriin ennen kuin huuhdekeräily käynnistyy. Tilanne on vastakkainen johtokyvyn kääntyessä laskuun. Viiveen takia huuhdekeräily toimi vielä, vaikka johtokyky on jo laskenut rajan alapuolelle.

Huuhdekeräily toimi tarkoituksenmukaisesti yhtä pesua lukuun ottamatta esimerkiksi pesulinjalla CIP 1, jossa pestään pääsääntöisesti proteiinijä-etankkeja S1432–S1437. Johtokyvyn ollessa alimmillaan 1,15 mS raakamaitosiiloja ja kauppamaitolinjan pesuissa käytettävällä pesulinjalla CIP 2, huuhdekeräily ei toiminut yhtä tehokkaasti kuin CIP 1 linjalla. Raakamaitojen jäljiltä olevia siiloja pestäessä johtokyvyn täytyy olla suurempi kuin 3 mS ennen kuin huuhdekeräilyn pitäisi käynnistyä. (Liite 6.)

Pesulinjalla CIP 3, jota käytetään muita pesulinjoja huomattavasti vähemmän, huuhdekeräilyjärjestelmä toimii. Linjalla tehdään rasvaisia herakemaputkistoja, jotka nostavat herkästi johtokykyä. Pesulinjalla CIP 4 johtokyvyn vaihteluväli oli sidoksissa pesukohteeseen. Autoonlastauslinja KL:n pesussa lukema oli suuruusluokkaa 10 mS, herakermasiilojen pesussa alle 0,4 mS. Välikermasäiliöillä S1138 ja S1139 huuhdekeräily toimi hyvin. Pesulinjalla CIP 5 huuhdekeräilyyn ohjaavaa johtokykyä ei havaittu seuranta-aikana. Mahdollisena syynä siihen oli se, että hera- ja raakamaitosiilojen pesujen yhteydessä tyhjennys ei ole täysin onnistunut.

Linjalla CIP 6, joka on käytetyin pesulinja, huuhdekeräilyjärjestelmän toimivuudessa oli suurta vaihtelua. Toisaalta korkean johtokyvyn omaavia alkuhuuhhteita meni tällä linjalla huuhdekeräilyyn ja toisaalta huuhdekeräily ei käynnistynyt johtokyvyn vaatimalla tavalla. Linjalla CIP 7 ja CIP 8 huuhdekeräily toimi silloin, kun merkittäviä johtokykyjä mitattiin alkuhuuhhteesta. Mittaustuloksia tuorejuuston pesuista yhteiskäsittelyn pesukeskuksen kautta ei ollut ajanpuutteen vuoksi käytettävissä.

8.4.5 Alkuhuuhteen lämpötilan ja pesuvirtauksen vaikutus COD-kuormaan

Huuhdeveden lämpötilan nousu tehostaisi lian poistoa, mutta lämpötilan pitäminen alhaisena on energiansäästön lisäksi jätevesikuormituksen rajaamisen suhteen usein perusteltua. Kokonaisuuden kannalta toimiva ratkaisu pyritään löytämään lämpötilan, pesuveden virtausnopeuden ja kemikaalien välisenä tasapainona. Alkuhuuhtelun osalta ratkaisun toimivuuden seurannassa yhtenä työkaluna on johtokyvyn seuranta, jota myös tässä opinnäytetyössä tehtiin.

Alkuhuuhtelussa voidaan käyttää käänteisosmoosissa suodatettua RO-vettä, vesijohtovettä tai loppuhuuhtevettä. Loppuhuuhtelussa käytetään vain puhdasta vesijohtovettä. Vesijohtoveden lämpötila on noin 4 °C, talvella jonkin verran kylmempää kuin kesällä. RO-veden lämpötila on noin 7 °C.

Alkuhuuhtelun seurannassa kirjattiin muistiin huuhteluveden lämpötilat yhteiskäsittelyn pesukeskuksen CIP-linjoilta 1–8 (liite 6). Lämpötilat vaihtelivat välillä 10–30 °C. Oletus oli, että johtokykyä nostava maitoraaka-aine voisi olla jakaantunut tasaisemmin viileämpiin alkuhuuhteisiin ja alkuhuuhteen lämpötilan nousua seuraisi johtokykypiikki.

Taulukko 12. Alimmat huuhtelulämpötilat

pesulinja	pesu	johtokyky (mS) max	huuhtelu lämpötila max (°C)
CIP 6	L07	0,1	5
CIP 6	S05 edusta	2,5	5
CIP 2	S01	0,8	6
CIP 2	S06	2,6	6
CIP 6	S06 edusta	2,8	6
CIP 6	L07	2,6	6
CIP 6	L07	18,5	6
CIP 4	autoonlastauslinja KL	5,99	7
CIP 1	S1435 edusta	5,04	8
CIP 2	S01	0,4	8

Matalampien lämpötilojen kohdalta huomattiin, ettei korkeimmalla mitatulla johtokykyarvolla ja alkuhuuhtelulämpötilalla ollut oletettua systemaattista yhteyttä. Vaikka lämpötila olisi alhainen, johtokyky saattoi silti nousta korkealle ja erot saman lämpötilan omaavien huuhteiden kohdalla olivat suuret. (taulukko 12).

Taulukko 13. Korkeimmat huuhtelulämpötilat

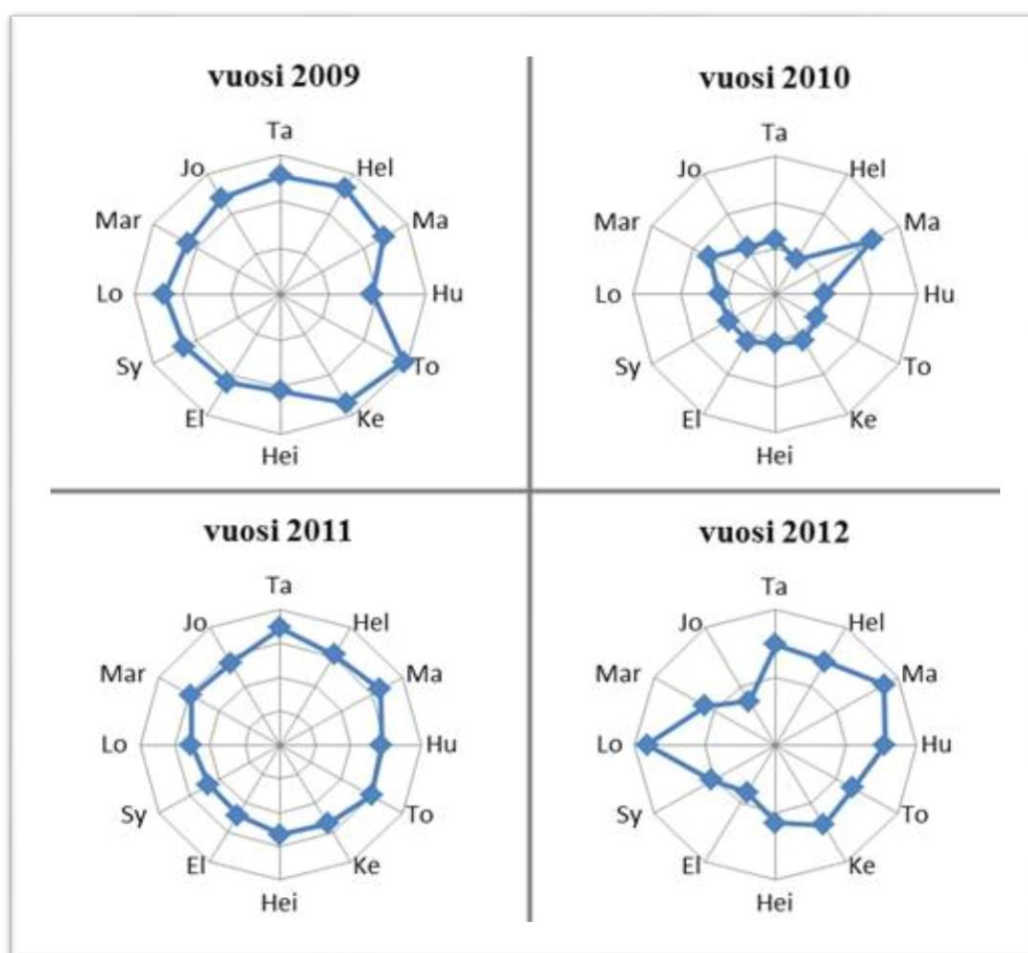
pesulinja	pesu	johtokyky (ms) max	huuhtelu lämpötila max (°C)
CIP 8	JML	0,4	20
CIP 1	S1437	3	23
CIP 5	S11	0,8	24
CIP 6	S10 edusta	0,7	24
CIP 1	korkeapastööri	5	25
CIP 5	S13	6,5	25
CIP 5	S13	3,2	25
CIP 6	S06 edusta	3,4	25
CIP 4	S1139	2,73	30
CIP 4	autoonlastauslinja KL	10	30

Alkuhuuhtelulämpötilan ollessa korkea (yli 20 °C) johtokyky nousi muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta yli huuhtekeräilyn käynnistämisen määritellyn rajan (taulukko 13). Aineiston pienuus ja seurantajakson lyhyys eivät kuitenkaan anna riittävää näyttöä huuhteluveden lämpötilan vaikutuksesta johtokykyyn, eikä saatujen tietojen perusteella voida tehdä päätelmiä alkuhuuhteen lämpötilan vaikutuksesta COD-kuormaan.

Alkuhuuhtelun virtausnopeutta kasvattamalla voitaisiin pitkittää huuhdekeräilyaikaa, mikä voisi lisätä huuhdekeräilyn tehokkuutta ja herkistää ilman viivettä johtokykyyn perustuvan huuhdekeräilyn ajoitusta. Seuranta-ajalla virtausnopeudet olivat säädettyinä pesukohteesta riippuen 6500–41000 l/h välillä. Kerättyjen virtausnopeuksien ja johtokykyjen vastaavuudelle ei saatu riittävää näyttöä (liite 6).

8.5 Vuodenaikavaihteluiden vaikutus COD-pitoisuuteen

On mahdollista, että ravintoon vaikuttavat ulkoiset olosuhteet vaikuttavat välillisesti meijerin jätevesipäästöihin. Tästä lähtökohdasta päätettiin tutkia myös vuodenaikojen näkymistä COD-kuormituksessa. Aineiston käsittely aloitettiin suhteuttamalla kaikkien kuukausien maitomäärä tarkastelun kohteena olevan vuoden tammikuuhun. Tästä saaduilla kertoimilla laskettiin suhteuttamista vastaavat COD-kuormat. Saadut arvot on esitetty kuviossa 18.



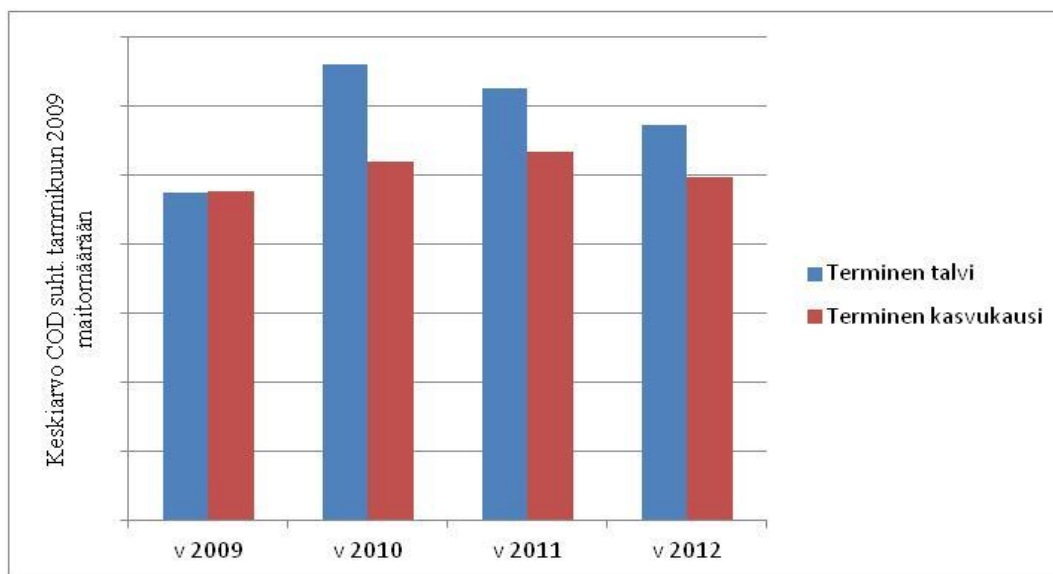
Kuvio 16. COD-kuormituksen kuukausikohtainen vaihtelu

Vuosi 2011 poikkeaa muista vertailuvuosista COD-kuormituksen tasaisuudessa. Vuosina 2010 ja 2012 oli selkeät piikit, mutta toisessa piikki on maaliskuussa ja toisessa lokakuussa. Vuonna 2010 on toinen piikki marraskuussa, mutta ei yhtä selkeä kuin edelliset. Vuonna 2009 piikki on leveämpi ajoittuen touko- ja kesäkuuhun. Vuonna 2009 COD-kuormassa on notkahdus huhtikuussa ja vuonna 2012 elo- ja joulukuussa. Nämä havainnot herättivät kiinnostuksen selvittää sitä, miten vuodet poikkesivat sään osalta toisistaan.

Joensuun meijerin raakamaidon hankinta-alueen terminen kasvukausi ja termisen talven ajoittuminen havainnollistettiin liitteeseen 7. Termisen kasvukauden pituus ja sääolosuhteet vaikuttavat lehmien laiduntamisen aloittamiseen ja lopettamiseen sekä rehun laatuun. Vuonna 2011 rehu-auran keskimääräinen jyväkoko on ollut suuri, mutta valkuaispitoisuus on ollut edellisiä vuosia matalampi. Vuonna 2010 kuivaheinäsato oli suurempi kuin vuosina 2009 ja 2011. Vuoden 2010 rehuviljan sato oli vuoden 2011 tavoin huono. (Maataloustilasto 2009–2012.)

Näistä tiedoista ei voitu tuottaa yksiselitteistä tietoa vuodenaikojen vaikutuksesta mutta ei myöskään kumota vaikutuksen olemassaoloa. Ravinnon koostumus ja lehmien energiatarpeen muutokset lämpötilojen vaihtuessa vaikuttavat rasvapitoisuuden lisäksi rasvan koostumukseen. Kumpikin näistä tekijöistä voi heijastua pesuvesiin huuhtoutuvaan orgaaniseen ainekseen.

Termisen talven ja termisen kasvukauden COD-päästöjä verrattiin valitsemalla termisen talven kuukausiksi marraskuu–maaliskuu ja kasvukaudeksi toukokuu–syyskuu. Valinnan perustana oli se, että koko Joensuun Valion raakamaidon keräilyalueella termiset sääolosuhteet olivat samat. COD-päästöt suhteutettiin vuoden 2009 tammikuun maitomäärään. Saatu tieto on esitetty kuviossa 19.



Kuvio 17. Termisen talven ja termisen kasvukauden COD-päästöjen vertailu

Termisten talvien ja kasvukausien kehitykset olivat samankaltaisia. Pienimmät kuormat olivat vuodelta 2009, jolloin vuonna 2008 alkanutta pitkää pakkastalvea seurasi lyhyt kesä. Vuonna 2010 talven COD-kuorma oli korkea. Vaikuttiko tähän kesän 2009 kasvukauden säilörehusato ja kesän 2010 kuumuus? Sateisen kesän 2011 kasvukaudella COD-kuorma oli kuitenkin suhteellisesti vähän suurempi kuin vuonna 2010.

9 TUTKIMUSKYSYMYKSIIN VASTAAMINEN

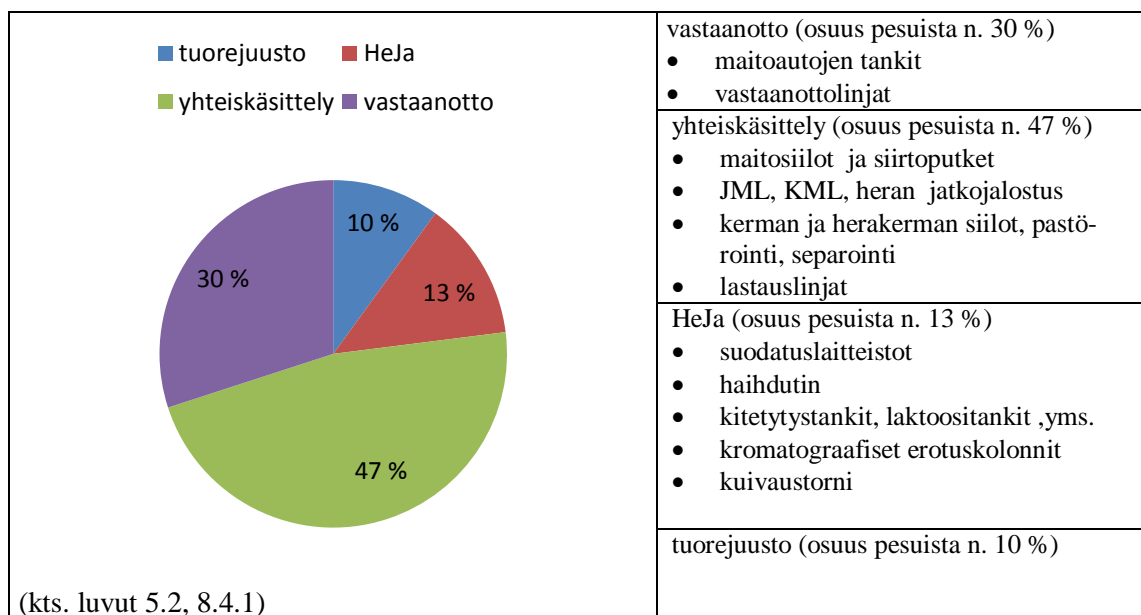
Työ rajattiin koskemaan meijerin jätevesilinjastoa. Juustolan jätevesilinjasta kulkeutuneet COD-päästöt ovat olleet seurantajakson aikana selvästi pienempi osa kokonaispäästöistä. Tosin niidenkin kohdalla kehitystrendi on ollut sama kuin meijerilinjasta päästöissä (kuvio 8).

Juustolan jätevesipäästöjen lisäksi selvitystyöstä rajattiin pois jäteveden määrä, käytettävien pesujen tarkoituksenmukaisuus ja saniteettijätevedet. Myös meijerilinjasta jätevesien osalta tarkastelun ulkopuolelle jätettiin voima-aseman, huoltomaan, konttorin ja vanhan vastaanoton vaikutus COD-kuormaan.

9.1 COD-kuormitusta aiheuttavat jätevedet

9.1.1 COD-kuormitusten jakaantuminen osastojen kesken

Raaka-aineiden ja prosessien erilaisuuden perusteella osastojen COD-kuormitukset poikkeavat määrällisesti ja laadullisesti toisistaan. Vuosina 2009–2012 tehdyistä huuhteluista ja pesuista lähes puolet toteutettiin yhteiskäsittelyn alueella, yli neljännes vastaanotossa ja loput HeJa-osastolla ja tuorejuuston valmistusosastolla (kuvio 20).



Kuvio 18. Pesumäärät ja keskeiset pesukohteet osastoittain

Arvioitaessa COD-kuormaa neljän osaston kesken on pesumäärän lisäksi otettava huomioon maitoraaka-aine, jonka jäljiltä pesu tapahtuu. Lisäksi täytyy huomioda muut pesun COD-kuormaan vaikuttavat tekijät. Näitä ovat yhteiskäsittelyn ja tuorejuuston pesujen osalta huuhdekeräily ja tuorejuuston osalta rasvanerotuskaivo. Huuhdekeräily poimi alkuhuuhteen johdotkyypiikit talteen ja rasvanerotuskaivo tuorejuuston jäteveden rasvaisimmat osat erilleen viemäriin johdettavista päästöistä. Näiden tietojen,

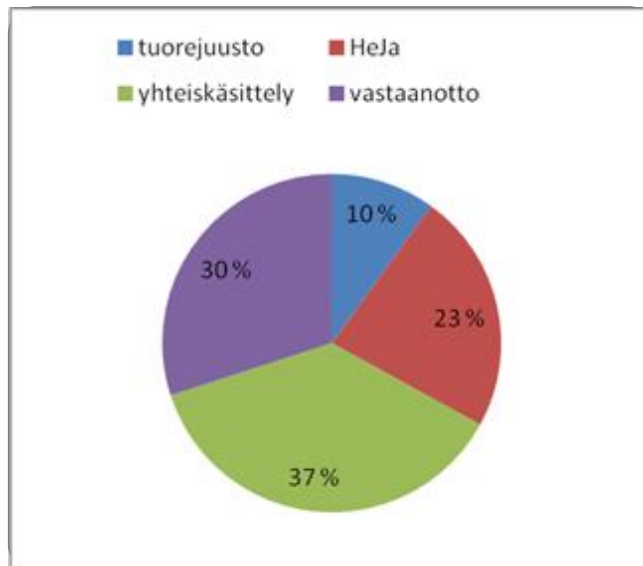
Matilaisen ja Rinnepellon (2011) tutkimuksen sekä pesukohteiden ja pesumäärien kesken tehty yhteenvedo tuotti COD-kuormituksen suhteen taulukossa 14 esitetyn arvion:

Taulukko 14. Arvio COD-kuormituksen jakaantumisesta

+/- 5 %	pesujen määrä %	huuhdekeräys ja rasvanerotus	johtokyky mittaukset	Matilaisen & Rinnepellon arvio	pesukohteet	arvio %
tuorejuusto	10	--	–	+	++	10
HeJa	13		+		+	23
yhteiskäsittely	47	–		–		37
vastaanotto	30		–		+	30

Arviossa COD-kuormaan vaikuttavien tekijöiden lähtöosuudeksi valittiin tässä tutkimuksessa lasketut osuudet pesujen määrästä (kuvio 20). Huuhdekeräilyn ja rasvanerotuksen, johtokyvyn suuruuksien ja Matilainen & Rinnepellon tutkimustulosten pohjalta tehtiin päätelmät siitä, mikä olisi COD-kuormaa lisäävä (+) tai vähentävä (–) keino muuttaa osastojen välisiä suhteita. Huuhdekeräily toimii tuorejuuston ja yhteiskäsittelyn alueella, joten sen avulla saadaan vähennettyä näiden kuormitusta. Rasvanerotuskaivo tuorejuustoprosessien pesussa ohjaa rasvajätteen pois meijerilinnan muista jätevesistä.

Johtokykymittaukset nostivat esille erityisesti HeJa-osaston pesut. Korkeiden johtokykyarvojen kanssa samansuuntaista tietoa saatiin HeJa-osaston pesujen ja COD-kuorman korreloinnista (luvut 8.1 ja 8.4) Matilaisen ja Rinnepellon (2011) mittauksissa tuorejuuston valmistuksessa pesuvesien COD-pitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin yhteiskäsittelyn pesuvesissä. Pesukohteiden mukaan tiivistetyt maitoraaka-aineita, rasvaisia tai valkuaisaineita sisältävät pesut nostivat arvioprosenttia (taulukko 14). Loppuarviointi pesujen jakautumisesta, kun otettiin huomioon pesuihin liittyvät päällekkäisyydet, saatiin lisäämällä (+) tai vähentämällä (–) 5 % pesujen aineiston analyysissä lasketuista prosenttiosuuksista. Arvioitu jakauma on havainnollistettu kuvioon 21.



Kuvio 19. Arvio COD-kuorman jakaantumisesta osastoittain

Tehtaan aikaisempien arvioiden mukaan meijerilinjan jätevesistä vastaanoton osuus olisi 5 %, yhteiskäsittelyn osuus 30 % ja HeJa:n osuus 65 %. Työn aineiston ja tehtaan dokumenttien tutkimisessa tai haastatteluissa ei tullut esille tietoa siitä, millä perusteella tuo jako oli tehty.

9.1.2 Jätevesien muodostuminen eri prosesseissa

Vastaanoton pesuista enemmistö kohdistuu raakamaitojäänteiden pesuun ja nämä pesut eivät kuulu huuhtokeräilyn piiriin. Pesuvesien sisältämän orgaanisen aineksen koostumus vastaa raakamaidon koostumusta. Riippuvuuksien osalta vastaanoton pesujen ja COD-kuorman korrelointi ei ollut merkitsevää (luku 8.1.2).

Yhteiskäsittelyn pesumäärien vaikutusta COD-kuormaan ei voitu osoittaa tilastollisesti merkitseväksi yksittäisten pesukohteiden suhteen (luku 8.1.2). Yhteiskäsittelyn pesukeskuksen kautta kulkevat vedet sisältävät rasvaisimpien aineiden prosessoinnin. Tämän lisäksi pesun kohteena olevissa laitteissa ja putkissa käsitellään suuret määrät esimerkiksi laktoosipitoista heraa, jonka aiheuttama COD-kuormitus jäteveteen päätyneenä on 0,06 kg/l. Oletettavasti merkittävimmät COD-kuormitukset tulevat raakamaitosiiloilta ja siilojen edustaputkilta sekä proteiinijäesäiliöistä. Kerman jatkojalostus ei näyttäisi tuottavan COD-kuormitusta hälyttävää määrää, mutta heran jatkojalostus voisi olla merkittävä kuormittaja (luku 8). Juustomaitolinjan rasvaisten tuotteiden kasvaessa COD-kuorma laskisi. Tämä tarkoittaisi sitä, että kerman pastörinti, välivarastointi ja lastaus eivät aiheuttaisi niin korkeaa kuormitusta kuin juustomaitolinjan maidosta valmistettavien rasvaisten tuotteiden valmistus.

Kauppamaitolinjalta tulevassa kuoritussa maidossa on raakamaitoa vastaavat määrät valkuaista ja laktoosia. Kuoritun maidon COD-kuorma on jäteveeseen päätyessä noin 0,1 kg/l. Sitä jatkojalostetaan useiden pesujen kautta. Kun COD-kuormituksia tarkasteltiin kuukausikohtaisesti, saatiin näyttöä siitä, että maitojauheen valmistuksen osuuden KML:n maidosta kasvaessa COD-kuorma kasvoi (kuvio 17). Asian selvittämiseksi olisi tarvittu tietoa siitä, kuinka paljon kuiva-ainepitoisuus pieneni syöttösäiliöön ja kuivaustornista lastatun jauheen välillä. Erotus olisi kuvannut pesuvesiin huuhtoutunutta kuiva-ainemäärää.

HeJa-osaston pesuissa merkittävimmät COD-kuormituksen aiheuttajat olivat tämän työn mukaan kiteytystankkien ja haihduttajan pesut. Kiteytys-tankkeja ja haihdutinta käytetään monien tuotteiden jatkokäsittelyssä. Haihdutus lisää tiivistettävien tuotteiden pitoisuutta vesiliuoksissa ja sen seurauksena myös haihduttimeen jäävän lian orgaaninen kuormitus kasvaa. Vastaavaa voidaan sanoa kiteytystankkien käytöstä ja puhdistuksesta.

RO-retentaatin jatkojalostus vähentää pitkällä aikavälillä kuormaa. RO-retentaatin jälkeisten haihuripesujen johtokykyarvot nousivat jopa 100 mS, mikä selittyy sillä, että tämä on suolapitoista ainetta (kuvio 3). Työssä ei tullut esille seikkoja, joiden mukaan erotuskolonnin tuotanto lisäisi merkittävästi COD-kuormaa. Myöskään venturipesun vähäiset pesukerrat eivät vaikuttaneet huomioitavasti kokonaiskuormaan. Toisaalta jos jauhetuotanto kasvaa, niin COD-kuorma tulee nousemaan huomattavasti haihduttimen, kiteytystankkien ja venturin pesujen vuoksi.

Tuorejuuston valmistusosaston pesuvesiin kertynyt rasva pyritään erottamaan rasvanerotuskaivoon. Haastattelut ja aikaisemmin julkaistut dokumentit vahvistivat rasvanerotuksen toimivuuden. Tuorejuustomassan joutuminen teknisen vian tai inhimillisen virheen seurauksena suoraan viemäriin merkitsee 0,8 kg COD-kuormaa yhtä massakilogrammaa kohti. Tuorejuuston pakkaussäiliöiden ja rahkakonttien sekä pakkauskoneiden pesut aiheuttavat todennäköisesti valmistusprosessivaiheita merkittävimmät COD-kuormat.

9.2 Tuotannon muutosten vaikutus COD-kuormaan

Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin vastaanotetun maidon jakaantumista juustomaito- ja kauppamaitolinjojen kesken ja siinä erityisesti näille linjoille päätyneen rasvan, valkuaisen ja laktoosin määrää. Vastaanotetun maidon koostumuksesta ei ollut käytettävissä kattavia mittaustuloksia ja siksi niiden keskipitoisuuksien oletettiin pysyneen samana vuosina 2009–2012. Juustomaitolinjan ja kauppamaitolinjan osalta käytössä olivat automaattiset mittaustulokset, jotka olivat tallennettuina MMC-järjestelmään.

Vastaanotettujen maitomäärien keskinäiset suhteet laskettiin jakamalla vuosien 2009–2012 maitomäärät vuoden 2010 määrällä. Vuosien 2009, 2011 ja 2012 suhdeluku oli suurempi kuin 1, koska vuoden 2010 maitomäärä oli pienin. Suhdeluvut kertoimina määritettiin laskennalliset arvot juustomaitolinjan ja kauppamaitolinjan maidon koostumukselle. Nämä laskennalliset rasva- valkuais- ja laktoosimäärät vähennettiin automaattisista mittaustuloksista ja havainnollistettiin graafisesti (kuvio 12).

Aineiston pienuus ei tukenut havaintojen yleistämistä, mutta mahdollista suuntaa ne näyttivät: kun juustomaitolinjan maidon osuus sekä siinä olevien valkuaisaineiden, laktoosin ja erityisesti rasvan määrän nousee, voidaan ennakoida COD-kuorman kasvavan. (kuviot 12 ja 13). Tämä tarkoittaisi käytännössä sitä, että COD-kuorman suuruuteen vaikuttaa se, mikä osuus rasvaisilla tuotteilla on koko tuotannosta. Juustomaitolinjan maitomäärän ja rasvapitoisuuden kasvaessa kauppamaitolinjalle jää vähäisempi määrä kuorittua maitoa ja samalla maitojauheen valmistustarve vähenee. Vuosien 2011 ja 2012 kuukausikohtaisessa vertailussa (luku 8.2.2) tuli esille juustomaitolinjan mahdollinen vaikutus COD-kuorman suuruuteen. Kun juustomaitolinjan kuukausikohtaisia maitomääriä verrattiin COD-kuormaltaan keskimääräisiin kuukausiin, juustomaitolinjan maitomäärät ylittivät keskimääräisten kuukausien määrät korkean COD-kuorman kuukausina. (Kuvio 16.)

Juustomaitolinjan maito on rasvaisempien jatkoprosessien raaka-aine kuin kauppamaitolinjan kuorittu maito. Jälkimmäisen kohdalla COD-kuorman suuruuteen näyttäisivät rasvamäärän sijaan vaikuttavan prosessien monivaiheisuus sekä tuotettavien aineiden valkuais- ja laktoosipitoisuudet (luku 9.2.2). Esimerkiksi kromatograafisen erotuksen tuotannossa valmistuneen laktoosijakeen hiilihydraattipitoisuus voi olla moninkertainen verrattuna raaka-maidon hiilihydraattipitoisuuteen. Laktoosijakeen kuten muiden tiivistettävien tuotteiden pitoisuudet alkavat kasvaa vasta haihdutuksen jälkeen, jolloin vettä poistuu prosessista.

Toisaalta tarkastelun kohteena olevien aineiden määrien eri suuruusluokka on omiaan vääristämään muutosten keskinäistä suhdetta. Esimerkiksi jauheen valmistusvaiheiden kanssa rinnan prosessoituvien, määriltään pienien tuotteiden osuutta oli vaikea hahmottaa maitomäärään suhteutettuun COD-kuormaan (kuvio 14). Vastaava tilanne tuli vastaan riippuvuuden tutkimisessa. Riippuvuudet eivät olleet merkitseviä. Se, mihin siinä kiinnitettiin huomiota, oli RO-rententaattitiivisteen ja tuorejuuston kohdalla saatu negatiivinen korrelaatio (taulukko 2). Kummankin tuotantomäärät ovat pienet, mutta niiden talteenotto merkitsee jäteveden suolapitoisuuden pienentämistä. Kevytjuustojen valmistuksen vähentäminen on vähentänyt rasvan päätymistä jätevesiin. Vertailun vaikeus ei sinällään ole yllätys. Pohjoismaisessa BAT-työssä on todettu laajemminkin, että meijereiden toiminnan vertailua vaikeuttaa meijereiden toiminnan moninaisuus (Korsström & Lampi 2001, 11).

9.3 Tuotannossa tapahtuneiden hävikkien vaikutus COD-kuormaan

Hävikkien laskemisessa todettiin se tosiasia, ettei käytössä ollut systemaattisesti koottuja tietoja eri prosessivaiheissa käsiteltyjen aineiden koostumuksesta. Niitä olisi tarvittu COD-kuormaan vaikuttavien hävikkien laskemiseksi. Tietojen kattavuus ei olisi vielä varmistanut mahdollisuutta laskea hävikkien osuutta yksittäisten pesujen COD-kuormasta, koska monivaiheisten ja keskenään vuorovaikutteisten prosessien pesut eivät tapahdu erillisesti (luku 3.2).

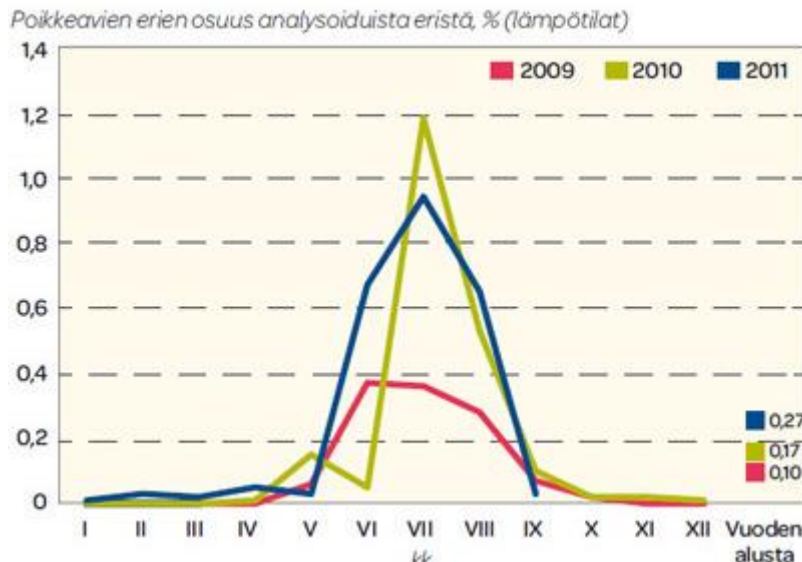
Hävikkien osalta tehtävä rajattiin yhteiskäsittelyn alueelle, johon kuuluvat raakamaidon vastaanotto, maidon pastörointi, separointi, separoinnissa erotetun kuoritun maidon ja kerman vakiointi juustolaan meneväksi juustomaidoksi, kermapastöroinnit sekä kuoritun maidon ja kerman lastaus. Rajatun alueen osalta etsittiin vastausta kysymykseen, mitä suuruusluokkaa olivat olleet rasva- ja valkuaishävikit (luku 8.3.1). Välttämättä hävikiksi luokittelu ei vastannut todellisuutta, koska osa orgaanisesta aineksesta saadaan kierrätettyä takaisin prosessiin vesityönnöillä ja huuhtokeräysjärjestelmällä.

Rasva- ja valkuaismäärien pieneneminen yhteiskäsittelyn aikana muutettiin vastaamaan raakamaitoa, jossa rasvapitoisuus olisi 4,3 % ja valkuaispitoisuus 3,5 %. Rasvan suhteen laskettuna raakamaitotappio olisi ollut suurempi kuin valkuaisen suhteen laskettuna. Tämä voisi viitata siihen, että tyhjennyksissä rasvaa jää enemmän laitteiden seinämille rasvaliaksi siirtyen sieltä edelleen jäteveeseen. Tutkitulla alueella ei ole rasvanerotuskaivoa. Toisaalta valkuaisaineesta tulevan jätteen määrää voi kasvattaa se, että pastörintivaiheessa lämpötilat ovat hetkellisesti korkeita ja se tuottaa riskin valkuaisen ”palamisesta” laitteen reunoille. Tässä suhteessa tutkimuksessa ei ollut riittävää aineistoa selkeiden päätelmien tekemiselle.

Yksiselitteisesti hävikkejä ovat ne poikkeamatilanteet, joissa aineita poistuu prosessista ilman järjestettyä pesuohjelmaa. Laitteiden ulkopuolelle valuneille aineille ei voida tehdä muuta kuin pestä ne suoraan viemäriin. Inhimillisten ja teknisten vikojen nopea tunnistaminen ja tarkka raportointi ovat hävikkien aiheuttaman COD-kuorman pienentämiseksi ensiarvoisen tärkeitä.

9.4 Vuodenaikavaihteluiden vaikutus COD-kuormaan

Vuoden 2011 syksyllä uutisoitiin helteiden vaikuttaneen kesien 2010 ja 2011 meijereille tulleen maidon laatuun. Maidossa todettujen solu- ja bakteeriongelmien lisäksi oli ollut vaikeuksia huolehtia maitoautoihin tankatun maidon lämpötilan säilymisestä riittävän alhaisena. Kesä-elokuussa kuormien lämpötiloissa mitattiin lämpötilapiikkejä lämpötilan noustua yli 6 °C:ta (kuvio 22). Lämpötilan nousu nostaa meijerillä tarvetta tehostaa pesuja tuoteturvallisuuden takia. (Laitinen 2011.) Lisäksi se vaikuttaa orgaanisen aineen hajoamisen vaatimaan biologiseen ja kemialliseen hapen kulutukseen (luku 3).



Kuvio 20. Kuormien lämpötilapoikkeamat (> 6 °C) vuosina 2009–2011 (Laitinen 2011)

Kun halutaan taata raakamaidon laadun korkeatasoisuus, tutkijoiden mukaan keskeistä on huolehtia tiloilla lehmien puhtaudesta ja terveydestä, katkeamattomasta kylmäketjusta varastoinnissa ja kuljetuksessa sekä rehun laadusta (Laitinen 2011). Lehmien hyvinvointiin ja maidon koostumukseen vaikuttaa rehun laatu, joka on riippuvainen kasvukaudesta, käytetyistä rehuksista ja rehun säilönnän onnistumisesta (luku 3.4).

Vuosina 2010 ja 2011 termisen talven ja termisen kasvukauden aikana COD-kuormat suhteutettuna maidon määrään olivat suuremmat kuin vuosina 2009 ja 2012. Rehun määrän ja ominaisuuksien suhteen edeltävän kesän kasvuolosuhteet ovat merkittävässä roolissa. Kesä 2009, jolloin termisen kasvukausi jäi lyhyeksi, ja helteinen kesä 2010 olivat rehusadon osalta ongelmallisia (luku 8.5). Kun tähän yhdistyi kesien 2010 ja 2011 kuumuus, joka vaikeutti kylmäketjusta huolehtimista ja lisäsi maidon bakteeririskiä (Laitinen 2011), on perusteita olettaa vuodenaikojen vaikuttaneen jätevesipäästöihin. Näihin päätelmiin on sovitettavissa vuoden 2010 lokakuun ja vuosien 2011 ja 2012 tammikuun suuret COD-pitoisuudet. Ne olivat yli 4 kg 1000 maitolitran kohti (taulukko 4). Vuodenaikavaihteluiden vaikutus COD-kuormaan tuli haastatteluissa esille lähinnä talvella jäätyvien maitoautojen tankkien osalta, koska jäätyessä tankkien tyhjentäminen vaikeutuu ja COD-kuormaa syntyy pesuissa enemmän (Räty, haastattelu 1.11.2012).

9.5 Alkuhuuhteen johtokyvyn yhteys COD-kuormaan

Alkuhuuhteesta mitattu johtokyky kertoo jäteveten liuenneiden suolojen määrän. Liuenneiden suolojen pitoisuuden kasvaessa johtokyky kasvaa. Sähkönjohtokykyä lisäävät erilaiset orgaaniset ainekset, jotka hajoavat tuottaen orgaanisia tai epäorgaanisia suoloja.

Suurimmat alkuhuuhteiden sähkönjohtokyvyt mitattiin hera- ja jauheosaston pesuista. Näistä pesuista mitattiin säännöllisesti korkeita johtokykyjä pääsääntöisesti silloin, kun pesu tehtiin RO-retentaatin jälkeen. HeJa-osaston pesuista korkeita johtokykyjä mitattiin haihduttimelta, kiteytys-tankeilta, venturin pesusta ja siirtolinjoista. Näistä haihduttimen pesun johtokyky vaihteli pesukohtaisesti. Korkeita arvoja esiintyi säännöllisesti tiivistetyn heran jälkeisissä huuhteluissa (luku 8.4.3).

Yhteiskäsittelyn pesuissa johtokyvyt pysyivät suhteellisesti matalampina kuin HeJa-osaston pesuissa. Korkeampia arvoja esiintyi proteiini- ja esiilojen, raakamaitosiiloiden ja siiloedustojen pesuissa. Lisäksi juustomaitolinjan ja KL5:n pesuissa johtokyky nousi yli yhteiskäsittelyn keskiarvon. Huomion arvoista oli, että pestäessä linjastoja tai siiloja kerman jäljiltä johtokyky oli matala (luku 8.4.3).

HeJa-osaston pesut olivat johtokyvyn suhteen säännöllisesti korkeammat kuin yhteiskäsittelyn pesut. Mittausten keskiarvo oli HeJa:n pesuissa noin 20 mS ja yhteiskäsittelyn pesuissa noin 3 mS. Mistä syystä ero oli näin suuri? Oliko mittarit kalibroitu samalla tavalla? Vaikuttaako johtokykyyn se, että HeJa-osaston pesut ovat tiivistettyjen maitoraaka-aineiden jäljiltä? Onko niissä niitä orgaanisia aineita, joiden hajoaminen tuottaa johtokykyä nostavia suoloja?

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maito nestemäisenä ja helposti pilaantuvana raaka-aineena pakottaa meijeriteollisuuden asettamaan tuoteturvallisuuden toiminnan perusvelvoitteeksi. Tuotannon jokaisessa vaiheessa raaka-aineen ja siitä jalostettavien tuotteiden kanssa kosketuksiin joutuvat säiliöt, käsittelylaitteet ja siirtolinjat on pestävä pääsääntöisesti puhtaalla vedellä. Kemikaalien käytön minimointi ja lämpötilan pitäminen riittävän alhaisena puhtaudesta tinkimättä lisäävät vedenkulutusta ja jäteveden määrää. Meijeriteollisuudessa maito-raaka-aineista jätevesiin päätyvät orgaaniset aineet ovat merkittävä ympäristöriski. Vedenkulutuksen sekä jätevesimäärien ja niiden orgaanisen kuormituksen vähentäminen ovat keskeisiä haasteita meijeriteollisuuden ympäristövastuun toteuttamisessa.

Selvityksen aihepiiriksi valittiin Valion tuotantoyksiköiden yhteinen intressi vähentää jätevesikuormitusta suhteutettuna vastaanotetun maidon määrään. Joensuun meijerillä COD-kuorma oli kääntynyt nousuun vuonna 2010. Tekijöitä, joihin tietoisesti vaikuttamalla saataisiin COD-kuormitusta hallittua ja pienennettyä, on tutkittu erilaisten projektien yhteydessä, mutta edelleen lisäselvitykselle oli tilausta. Tässä työssä perehdyttiin Joensuun meijerin toimintaan vuosina 2009–2012, jotta voitaisiin tunnistaa mahdollisia syitä COD-kuormitusten suuruuteen kyseisenä ajanjaksona. Tavoitteeksi asetettiin myös ideoida vaihtoehtoisia ratkaisuja kuormituksen pienentämiseen.

Yksiselitteisiä syitä, joilla voitaisiin selittää COD-kuorman suuruus, ei käytetyn aineiston puitteissa voitu esittää. Matilainen ja Rinnepelto (2011, 7) päätyivät omassa tutkimuksessaan siihen, että ”suurimmat COD-kuormittajat” tulevat tuorejuuston pesulinjoilta CIP 9–11. Heidän esittämänsä tulos herättää kysymyksiä siitä, mitä he tarkoittavat määreellä ”suurimmat”. Mittaustulokset kertovat tuorejuuston pesulinjoilta otettujen vesinäytteiden COD-pitoisuuden (mg/l). Tuorejuuston valmistusmäärät ovat kokonaistuotantoon nähden pienet. Tässä tutkimuksessa saatiin kuukausikohtaisen tuorejuuston valmistusmäärän ja COD-kuorman korrelaatioksi negatiivinen arvo mutta ei merkitsevällä tasolla. Tuorejuuston valmistuksessa tärkeä osa sen päästöjen vähentämisessä on rasvanerotuskaivon olemassaolo.

Tuorejuuston kokonaisvaikutus COD-kuormaan toimii esimerkkinä siitä, kuinka kompleksista on määrittää yksittäisen tuotteen osuus siihen. Tämä tuli esille, kun tarkasteltiin osasto- ja prosessikohtaisia pesuja. Tätä analysoitiin esimerkiksi maitojauheen prosessoinnin näkökulmasta. Rasvattoman maitojauheen valmistus on kauppamaitolinjan kautta kulkeva prosessi. Kauppamaitolinjan maidon rasvapitoisuus on pieni, joten sen käsittelyn orgaaniset aineet ovat valkuaisaineita ja hiilihydraatteja, erityisesti laktoosia. Vertailtaessa vuosien 2009–2012 kuukausikohtaisia COD-arvoja ja sitä, miten eri kuukausina vaihteli kauppamaitolinjan maitomäärän ja valmistetun maitojauheen suhde, voitiin päätellä, että jauheen valmistuksen keskeisyys painottui suurempien COD-kuormien ajalle. Verrattuna Matilaisen ja Rinnepellon tutkimukseen (2011, 5) ristiriitaa ei tulosten välillä välttämättä ole.

Matilaisen ja Rinnepellon (2011, 7) mukaan orgaanisen aineksen hyötykäyttöä voidaan tehostaa erilaisilla suodatus tekniikoilla. Tutkijat kohdensivat huomion käänteisosmoosiin tarjoamiin mahdollisuuksiin. Vuonna 2012 oli RO-tiivisteen osuus suhteellisen korkea verrattuna edelliseen vuoteen. Rasvaisempia tuotteita, kuten kermaa ja tuorejuustoa, valmistettiin vähiten vuonna 2011. Vuonna 2011 juustomaitolinjan tuotantoon ohjautui suhteellisesti enemmän rasvaa, valkuaista ja laktoosia kuin muina vuosina.

Hävikkien laskeminen pesujen osalta osoittautui ongelmalliseksi, koska maidon ja sen jatkojalosteiden koostumuksesta ei ollut käytettävissä riittävästi tietoja. Hävikkien laskemisen suhteen oli ongelmia myös prosessista suoraan viemäriin valuneiden aineiden määrästä. Tähän liittyen olisi tarvittu tarkempaa tietoa myös hälytyksien syistä meijerilinjalla. BAT-tekniikoihin on kirjattu suositus huolehtia vuotavien kohtien välittömästä korjauksesta sekä henkilöstön koulutuksesta ja ympäristövastuuseen motivoimisesta. (Vrt. Korsström & Lampi 2001, 91, 126).

10.1 Jäteveden COD-kuormituksen vähentämisehdotukset

Meijerilinjän tuotantoa ei voi suunnitella siten, että ensisijaisesti jäteveden COD-kuormitus vähentyisi mahdollisimman pieneksi. LEAN-ajatteluun perustuvassa toiminnassa pyritään esimerkiksi poistamaan ylituotantoa ja vähentämään varastoinnin tarvetta. Tämä johtaa kasvavaan määrään pieniä eräkokoja, mikä taas voi johtaa useampiin välipesuihin ilman systemaattista suunnittelua.

Perehtyessäni keräämääni aineistoon ja dokumentteihin, haastatellessani Joensuun meijerin asiantuntijoita ja työskennellessäni maidonvastaanotossa, yhteiskäsittelyssä sekä hera- ja jauhe osastolla listasin ideoita, jotka voisivat edistää pyrkimyksiä pienentää COD-kuormitusta. Ideoistani valitsin ne, joiden uskoisin olevan varteenotettavia keinoja välttää turhaa COD-kuormitusta (taulukko 15).

Taulukko 15. COD-kuormituksen vähentämisehdotukset

alue	vähentämiskeino	toteuttamisarvio	vaikutusarvio
VO	huuhdekeräilyjärjestelmän rakentaminen vastaanoton pesukeskukseen	4	5
VO,YK	rasvanerotuksen järjestäminen vastaanoton ja yhteiskäsittelyn alueelle	5	5
HeJa	putkiston rakentamien haihduttimelta huuhdekeräilyjärjestelmään	3	4
HeJa	kitetytystankeille huuhdekeräilyn järjestäminen	4	4
HeJa	suolan talteenoton määrien kasvattaminen	5	4
HeJa	haihduttimelle kierrätysventtiili, jotta kuiva-aineen noustessa maitoraaka-aine ei menisi viemäriin vaan kiertäisi haihduttimesa	2	4
HeJa	kitetystankkien tyhjentyessä vesihuuhtelun järjestäminen	3	3
HeJa	kiintoaineen poisto ennen venturipesua jauhetuotannossa	4	3
YK	separaattoreiden laukaisujen erillinen kerääminen ja toimittamisen loppukäsitteltäväksi	4	3
YK	huuhdekeräilyn tehostaminen raakamaitosiiloilla, proteiinijaesäiliöillä ja kermasiiloilla	2	2
YK	proteiinijaesilojen huuhtelu siilon tyhjentyessä	3	2
YK	automaattiventtiilien rakentamien raakamaitosiilojen näytteenottoa varten	3	2
YK	pesujen alkuhuuhtelun virtausnopeuksien kasvattaminen	2	2
kaikki	alkuhuuhTELuveden osittainen lämmittäminen	4	2
kaikki	pesuohjeistuksien läpikäyminen ja pesujen toimintatapojen yhtenäistäminen	1	2
kaikki	putkistojen uusimisessa putkistojen optimointi mm. sisähalkaisijan, liitäntöjen ja asentojen suhteen	3	2
HeJa	kitetystankkien sekoittajien uudistaminen	2	2
YK	raakamaitosiilojen automaattihuuhtelu siilojen tyhjentyessä	3	2
HeJa	automaattiventtiilien rakentaminen kiteytystankeille	3	1
kaikki	jokaiselle osastolle jatkuvatoimiset COD-mittarit	3	–
kaikki	raportoinnin parantaminen jätevesipolkeamissa	1	–

toteuttamisarvio (1–5), 1 = helppo toteuttaa, 5 = vaikea toteuttaa

vaikutussarvio (1–5), 1 = pieni vaikutus COD-kuormaan, 5 = suuri vaikutus COD-kuormaan

Taulukossa 15 on eritelty myös arvio vähentämisehdotusten realistisuudesta ja toteutettuna sen vaikutustasosta COD-kuormaan. Ehdotuksista suurimmat vaikutusarviot ovat huuhdekeräilyjärjestelmän rakentamisella vastaanoton pesukeskukseen ja rasvanoton järjestämisellä vastaanoton ja yhteiskäsittelyn alueelle. Näistä huuhdekeräilyn laajentaminen voisi olla helpommin toteutettava toimenpide kuin rasvaerotuksen rakentaminen. Vastaanoton pesukeskuksen kautta kulkee paljon pesuja, joiden yhteisvaikutuksen arvioin noin 30 %:ksi kaikista pesuista (luku 9.1.1). Yhteiskäsittelyn pesuista rasvanerotuksen kautta saataisiin merkittävä osa COD-kuormituksesta talteen. Rasvan poistaminen jätevesivirrasta hyödyttäisi myös neutralointialtaan toimivuutta (Karsström & Lampi 2001, 88).

HeJa-osaston kuormituksen vähentämiseen keskeiset laitteet ovat kitetystankit ja haihdutin. Huuhdekeräilyjärjestelmän rakentamista haihduttajalle ja kiteytystankeille olisi hyvä harkita mahdollisen pesukeskusremontin yhteydessä. Kitetystankit ovat työn mukaan suurimpia kuormittajia. Tämä johtuu tankkien huonosta tyhjentymisestä ja tankkien käyttämisestä maito-raaka-aineiden välivarastona. Olisiko mahdollista rakentaa huuhtelujärjestelmä tai päivittää tankkien sekoittajia, jotta tyhjentäminen olisi tehokkaampaa? Inhimillisten erehdysten minimointi kiteytystankeilla tai raakamaitosiilojen näytteenotossa saataisiin käsiventtiilien ja -nippon automaatisoinnilla.

Olisiko mahdollista rakentaa kierrätysventtiili haihduttajalle, jotta kuiva-ainetta saataisiin nostettua kierrättämällä viemäriin menemisen sijaan? Tästä on tehty kesällä 2013 aloite. Suolan talteenotto vähentäisi merkittävästi COD-kuormaa, mutta sen toteuttaminen on riippuvainen suolan tarpeesta muilla tehtailla. Hankalimmin toteutettavissa oleva ehdotus HeJa-osastolle on jauhepölyn talteenotto ennen venturipesua. Jos jauhetuotanto kasvaa, venturipesun kautta tuleva COD-kuorma nousee merkittäväksi tekijäksi.

Nykyinen huuhdekeräily toimii tutkimuksen mukaan oikealla tavalla. Voisiko huuhdekeräilyjärjestelmän toimivuutta säädellä rasvaa ja valkuaisaineita sisältävien alkuhuuhteiden osalta siten, että esimerkiksi kerman jäljiltä olevat pesut menisivät kokonaan alkuhuhteen osalta huuhdekeräilyseen? Raakamaitosiilojen tyhjentymisen jälkeen siilojen reunoille jää maitojäämiä. Voisiko siilojen tyhjentäessä huuhtelu käynnistyä automaattisesti? Separaattoreiden tuottama laukaisujäte voisi olla tulevaisuudessa kannattavaa kerätä talteen ja toimittaa esimerkiksi biokaasulaitokselle. Myös Matilainen ja Rinnepelto (2011, 7) suosittivat rasvanerottamisen tehostamista.

Alkuhuuhtelun virtausnopeuksia kasvattamalla voidaan saada paremmin kerättyä talteen huuhdekeräilyjärjestelmää varten korkean johtokyvyn omaavaa alkuhuuhdetta. Alkuhuuhtelun lämmittäminen parantaisi huuhdekeräilyyn toimivuutta, mutta ei välttämättä olisi taloudellisesti kannattavaa. Tuotevalmistajia haastateltaessa tuli esille kirjavat pesukäytännöt tuotevalmistajien kesken. Pesukäytäntöjen yhtenäistäminen vähentäisi pesuja tuoteturvallisuutta vaarantamatta.

COD-kuormituksen mittaamiseen ja ennakkointiin olisi hyvä kiinnittää huomiota esimerkiksi rakentamalla automaattiset mittarit osastoittain. Lisäksi poikkeamatilanteissa tarkempi raportointi avaisi prosessien COD-lähteen selvittämisen ongelmaa. Poikkeamaraporttiin olisi hyvä merkitä myös kaikki ne prosessit ja pesut, jotka ovat poikkeamahetkellä käynnissä. Näin voitaisiin huomattavasti parantaa tietoisuutta jäteveden COD-kuormittajien suhteen.

10.2 Jatkotutkimustarpeet

Työn lähtökohdat tarjosivat tekijälle suuren haasteen. Aiheen laajuus ja täsmällisen tiedonsaannin vaikeus tekivät työstä haastavan, mikä ilmeni varsinkin työn aikataulutuksessa. Kantavana teemana oli tehdä aiheesta selvitystyö, tämän seurauksena työ rajattiin enemmän tunnustelevaksi kuin varsinaisesti syy-seuraussuhteita esittäväksi. Tutkimuskysymyksiin ja työn toteuttamistapaan annettiin Valion Joensuun tehtaan toimesta myös vapaat kädet. Keskeisenä ongelmana oli työn rajaus. Parempia tuloksia olisi ollut mahdollista saada, jos työ olisi rajattu esimerkiksi vain yhdelle osastolle. Työn yhtenä mahdollisuutena olisi ollut tutkia pesujen alkuhuuhteita kokoomanäytteiden avulla. Tämän kaltaisen kenttätutkimuksen tekeminen opinnäytetyönä olisi ollut liian suuri projekti. Lisäksi luotettavien tutkimustulosten saaminen kokoomanäytteinä olisi ollut vaikea tai peräti mahdoton tehtävä tutkimuskentän laajuuden takia. Tarvetta tämänkaltaiselle tutkimukselle on olemassa.

Jatkotutkimusaiheina selvitettäviä asioita olisivat muun muassa tuorejuuston ja vastaanoton pesujen tarkkailu ja johtokykymittaukset. Lisätutkimusaiheena voisi olla esimerkiksi maitoraaka-aineiden ainekomponenttien jakaantuminen tuotannon suhteen MMC-järjestelmää hyväksikäyttäen ja siitä tehtävät tulkinnat COD-kuormituksen jakaantumisesta.

LÄHTEET

Alatalo, A. 2012. Prosessiasiantuntija. Valio Oy – Joensuun tehdas. Haastattelu 9.11.2012.

Arpiainen, M. Salo, S. & Wirtanen, G. 2002. Laitteiden puhdistuvuus- ja desinfiointitoimet. Teoksessa G. Wirtanen (toim.). Laitehygieniä elintarviketeollisuudessa. Hygieniaongelmien ja *Listeria monocytogeneksen* hallintakeinot. Otamedia. Espoo. s. 107–125. Viitattu 6.8.2013.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf>

Dairy processing handbook. 2003. Tetra Pak processing Systems AB. LB Grafiska. Malmö 2003

European Commission. 2006. Best available Techniques in the food, drink and milk industry. Viitattu 6.6.2013.
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/fdm_bref_0806.pdf

Hach, C. C. Klein Jr, R. L & Gibbs, C. R. 1997. Introduction to Biochemical oxygen demand. Technical Information Series—Booklet No. 7. Viitattu 2.6.2013.
<http://www.advancelaboratorios.com/media/catalog/product/pdfs/IntroductionBiochemicalOxygenDemand.pdf>

Heikkilä, T. 2006. Maidon valkuais- ja rasvapitoisuus riippuvat pitkälti lehmän perimästä. Kehittyvä Elintarvike 4/2006. Viitattu 10.8.2013.
<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/20-maidon-valkuais-ja-rasvapitoisuus-riippuvat-pitkalti-lehman-perimasta>

Huhtanen, P. 1998. Nurmirehun ruokinnalliseen arvoon vaikuttavat tekijät. Teoksessa R. Salo (toim.) Tutkimuksia pohjoisella ulottuvuudella – MTT 100 vuotta. Tutkimusasemapäivät 25.7.–7.8.1998. s. 33–37. Yliopistopaino. Viitattu 10.8.2013. <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja40.pdf>

Ilmatieteen laitos. 2013a. Suomen nykyilmasto ja ilmastotilastot. Viitattu 12.8.2013. <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmasto>

Ilmatieteen laitos. 2013b. Termiset vuodenajat. Viitattu 12.8.2013.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/termiset-vuodenajat>

Industrial Wastewater Treatment. 2009. IWA WaterWiki –Information resource & hub for the global water community. Viitattu 5.8.2013.
<http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/IndustrialWastewaterTreatment>

Itäsola, T. 2007. CIP-säiliöpesujen optimointi. Turun Ammattikorkeakoulu. Elintarviketekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Jouttijärvi, T. 2011. BAT - Paras käytettävissä oleva tekniikka - Paras käyttökelpoinen tekniikka. Valtion Ympäristöhallinto. Viitattu 16.7.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=394172&lan=FI>

Karinen, P. 2006. Suunnittelu elintarviketeollisuuden investoinneissa vaihtelee aloittain. Kehittyvä Elintarvike 1/2006. Viitattu 11.8.2013.
<http://kehittyvaelintarvike.fi/lehtiarkisto/nro-1-2006>

Lampi, M. 2001. Best Available Techniques (BAT) for the Nordic Dairy Industry. Viitattu 17.7.2013.
http://books.google.fi/books/about/Best_Available_Techniques_BAT_for_the_No.html?id=3yt0cJsW6LEC&redir_esc=y

Laukkanen, T. Hartikainen, T, Kostia, S & Rautio, M. 2003. Ympäristösuojelun biotekniikka. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.5.2013

Maa- ja Metsätalousministeriö. 2013. Elintarviketeollisuuden vesihuolto-opas. Viitattu 13.8.2013.
http://www.mmm.fi/attachments/mmm/lausuntopyynnot/6HoMuUbag/Opasluonnos_2_7_2013.pdf

Maataloustilasto. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Viitattu 12.8.2013.
<http://www.maataloustilastot.fi/tilasto/4/tilastojulkaisulistaus>

Manninen, E. & Nyman, K. 2003. Maidonkäsittelyn teknologia. MTT:n selvityksiä 15. Viitattu 20.8.2013
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/palveluttuotteet/mittausjatestaus/Maitokoneet/neuvontamateriaali/Pesun%20kriittiset%20tekijat_1.pdf

Manninen, P & Ylén M. 2000. Tilastollisen päättelyn käytännöt. IT-Tutkimuspalvelu. Tampere. 2000

Matilainen, M & Rinnepelto, P. 2011. Valio Joensuu – Meijerin COD-lähteen selvittäminen. Apila Group Oy. Valio - Joensuun Intranet.

Meloni, E. 2005. Elintarviketeollisuuden jätevedet ja niiden käsittely. Kehittyvä Elintarvike 2/2005. Viitattu 10.7.2013.
<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/24-elintarviketeollisuuden-jatevedet-ja-niiden-kasittely> Viitattu 10.7.2013

MTT. 2011. Pesujen kriittiset tekijät. Viitattu 20.8.2013.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/palveluttuotteet/mittausjatestaus/Maitokoneet/neuvontamateriaali/Pesun%20kriittiset%20tekijat_1.pdf

Mäki, M. 2010. Pesuista ja pesuaineista. Oppimateriaalit. Viitattu 20.8.2013.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/palveluttuotteet/mittausjatestaus/Maitokoneet/Opetusmateriaalit>

Niittynen, L. & Tossavainen, O. 2010. Maidosta heraproteiiniin. *Nutrifocus* 1/2010. s. 4–7.

Pennanen, R. 2012. Tuotantovastaava. Valio Oy – Joensuun tehdas. Haastattelu 5.11.2012.

Prokkola, H & Kuokkanen, T. 2011. Biohajoavuuden määrittäminen vedessä. Oulun Yliopisto. Kemian laitos. Viitattu 7.5.2013.
https://ciweb.chydenius.fi/project_files/HighBio%20projekti%20INFO/INFO%20HighBio%20F40.pdf

Rausch, K. D. & Powell, G. M. 1997. Dairy Processing Methods to Reduce Water Use and Liquid Waste Load. Viitattu 17.7.2013.
http://books.google.fi/books/about/Dairy_Processing_Methods_to_Reduce_Water.html?id=0uopHAAACAAJ&redir_esc=y

Räty, V-M. 2012. Tuotantovastaava. Valio Oy – Joensuun tehdas. Haastattelu 1.11.2012.

SFS-EN 872. 1996. Veden laatu. Kiintoaineen määrittäminen. Suodatus lasikuitusuodattimella. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 1899-1. 1998. Veden laatu. Biokemiallisen hapenkulutuksen (BOD_n) määrittäminen vuorokauden kuluttua. Osa 1: Laimennus- ja siirtomenetelmä. Alkylitiourealisäys. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS 5505. 1998. Jäteveden epäorgaanisen ja orgaanisen typen määrittäminen. Modifioitu kjeldahlmenetelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS 5504. 1988. Veden kemiallisen hapen kulutuksen (COD Cr) määrittäminen suljetulla putkimenetelmällä. Hapetus dikromaatilla. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Suvitie, M. 1998. Laitumen hyväksikäytön tehostaminen. Teoksessa R. Salo (toim.) Tutkimuksia pohjoisella ulottuvuudella – MTT 100 vuotta. Tutkimusasemapäivät 25.7.–7.8.1998. s. 41–43. Yliopistopaino. Viitattu 19.7.2013. <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja40.pdf>

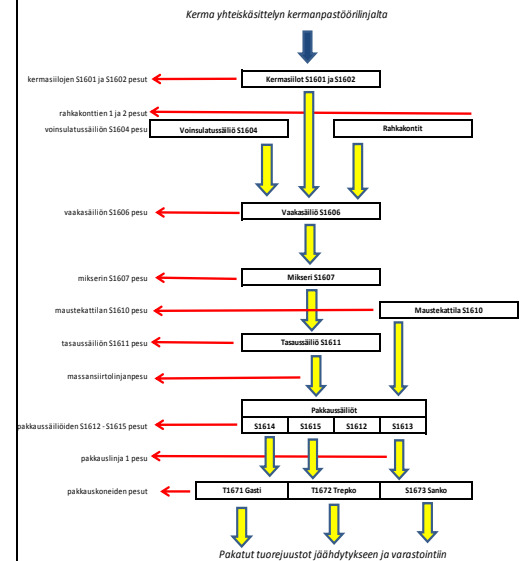
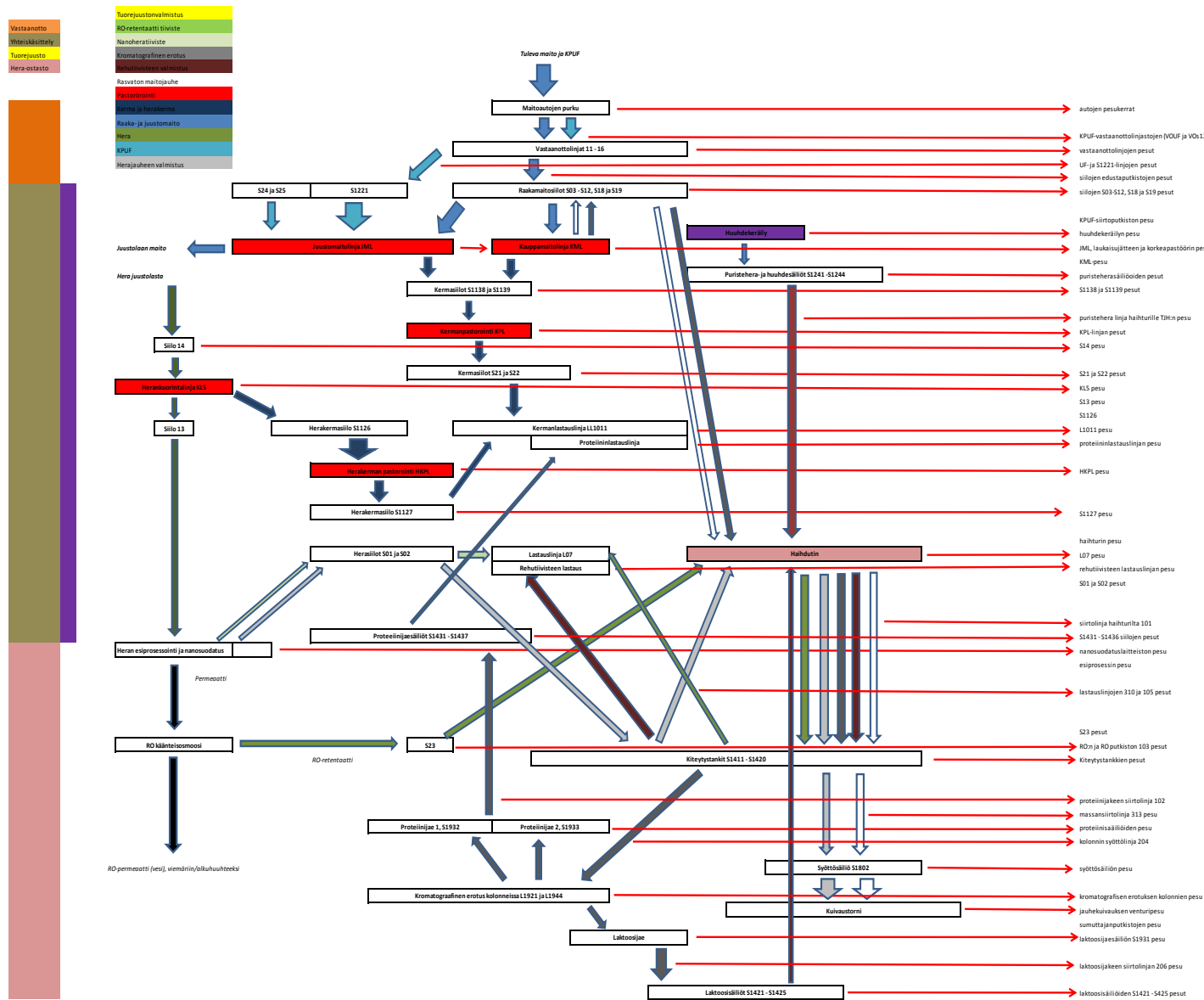
Dairy processing handbook. 2003. Tetra Pak processing Systems AB. LB Grafiska. Malmö 2003

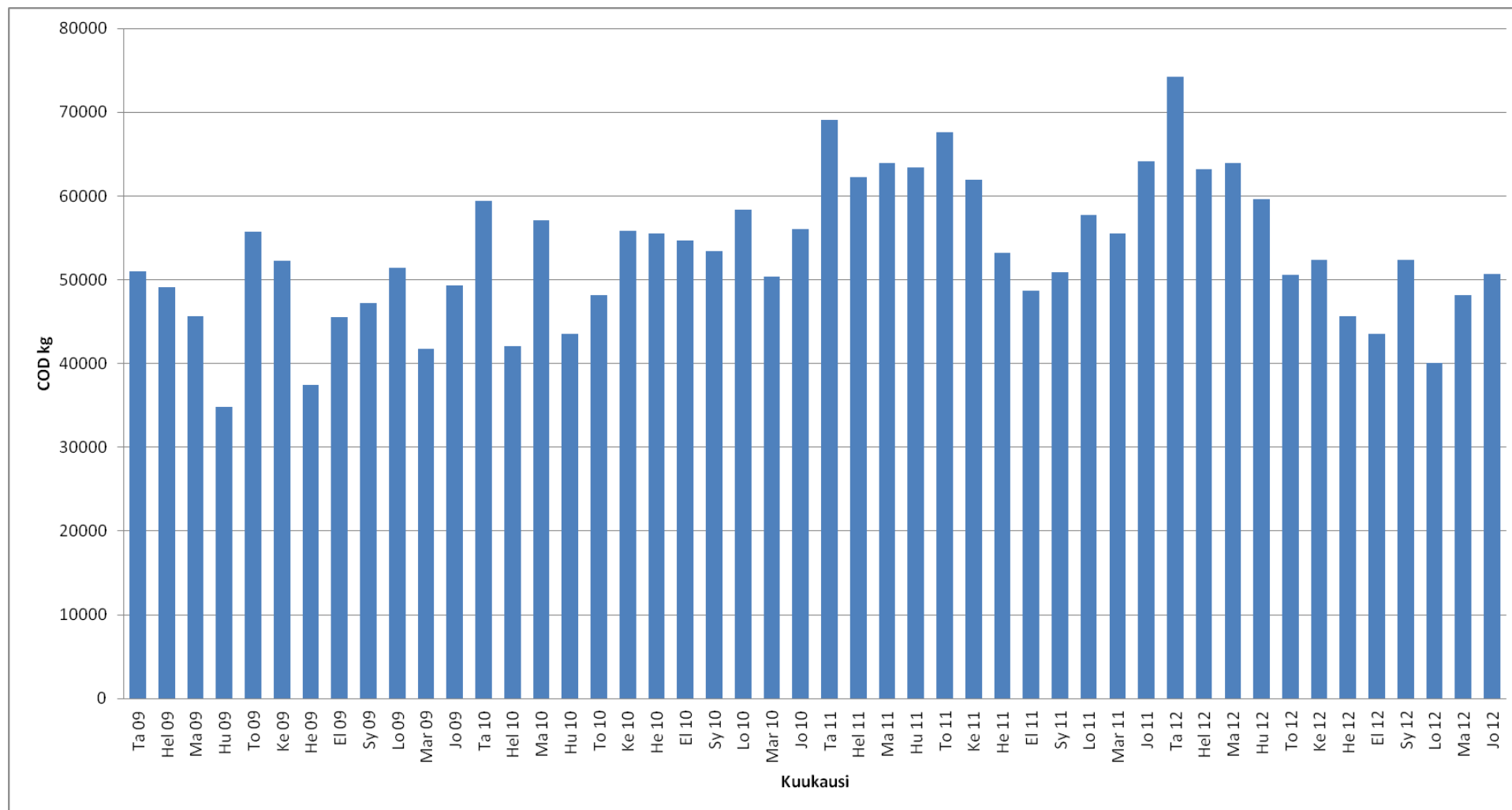
Valio Oy. 2012. Ympäristövastuuraaportti 2012. Viitattu 17.4.2013.
<http://www.valio.fi/yritys/vastuullisuus/yritysvastuuraaportti2012/ymparistovastuu/#osio-4>

Valio Oy. 2013. Jätevesikierto, Joensuun Valion toimintakaavio. Valio – Joensuun. Intranet. Viitattu 10.5.2013.

Valtion Ympäristöhallinto. 2013. Ympäristölupa. Viitattu 4.8.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=300&lan=fi>

Ympäristölupa. 2004. Valio Oy – Joensuun tehdas. Pohjois-Karjalan Ympäristökeskus. Viitattu 13.5.2013.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=28361&lan=fi>





otoskoko=48 pesu-/tuotantokohde	korrelaatio	kriittinen arvo = 0.240 Pearsonin neliö	merkitsevyys
kiteytystankkien S1411 - S1420 pesu	0.567	0.322	jokseenkin merkitsevä
herajauheen valmistuskerrat	0.550	0.303	jokseenkin merkitsevä
kiteytystankkien pesu: heratiiviste	0.547	0.299	jokseenkin merkitsevä
haihduttimen pesu: krom.erotus kurri	0.486	0.236	
haihduttimen pesu: herajauhe	0.480	0.231	
lastauslinja LL1011 pesu	0.477	0.228	
autoonlastauslinja KL pesu	0.460	0.211	
maitoauton pesu	0.448	0.201	
vastaanottolinja 16 pesu	0.437	0.191	
siilot S1138 ja S1139 pesu	0.435	0.189	
vastaanottolinjojen pesu yhteensä	0.413	0.171	
rehuhera tiivisteen lastaus	0.410	0.168	
vastaanottolinja 15 pesu	0.403	0.162	
siilot S10 - S14 pesu	0.399	0.159	
vastaanottolinja 14 pesu	0.399	0.159	
vastaanottolinja 13 pesu	0.389	0.152	
JML: baktofuugin laukaisukerrat	0.373	0.139	
JML: laukaisu yhteensä	0.373	0.139	
JML: separaattorin laukaisukerrat	0.373	0.139	
haihduttimen pesu: muut	0.372	0.139	
siloputkistojen pesu	0.367	0.135	
vastaanottolinja 12 pesu	0.367	0.367	merkitsevä
haihduttimen pesu: laktoosijae	0.366	0.113	
haihdutettavien tuotteiden lukumäärä	0.355	0.126	
proteiinisäiliöiden S1432 - S1437 pesu	0,337	0,114	
vastaanottolinja 11 pesu	0.337	0.113	
vastaanottolinjojen pesu yhteensä	0.337	0.113	
kermäsäiliöt S1601-S1602 pesu	0.321	0.103	
siilot S01 - S09 pesu	0.320	0.102	
raakamaitosiilot S02-S12, S18 - S19 ja S23 pesu	0.314	0.098	
jauheen valmistusmäärä kg	0.307	0.094	
vastaanotettu maitomäärä L	0.306	0.094	
pakkauslinja 1 pesu	0.302	0.091	
massalinja 313 pesu	0.291	0.085	
erotuskolonniin pesut yhteensä	0.275	0.076	
kiteytystankkien pesu: rehuheratiiviste	0.254	0.299	jokseenkin merkitsevä
jauheen valmistuskerrat yhteensä	0.242	0.059	
voinsulatussäiliö S1604 pesu	0.226	0.051	
haihduttimen pesu: rehuhera	0.216	0.047	
siilot S21 ja S22 pesu	0.214	0.046	
tuorejuusto pesut yhteensä	0.209	0.044	
kiteytystankkien pesu: kurritiiviste	0.203	0.041	
pakkaussäiliöt S1612-S1615 pesu	0.196	0.039	
JML: tuotevaihtojen määrä	0.193	0.037	
kiteytystankin pesu: muut	0.182	0.033	
S1944 erotuskolonniin pesu	0.179	0.032	
mixeri S1607 pesu	0.161	0.026	
KML: huuhtelu/pesukerrat	0.153	0.023	
vaakasäiliö S1606 pesu	0.148	0.022	
T1672 Trepko pesu	0.128	0.016	
maustekattila S1610 pesu	0.102	0.010	
S1921 erotuskolonniin pesu	0.096	0.009	
kontin pesut 1 ja 2	0.068	0.005	
tasausäiliö S1611 pesu	0.047	0.002	
T1673 Sanko	0.041	0.002	
KML: laukaisukerrat	0.006	0.000	
KPUF: vastaanottomäärä	-0.028	0.001	
lastaukset yhteensä	-0.039	0.002	
haihduttimen pesu: maitojauhe	-0.050	0.003	
JML: huuhtelukerrat	-0.073	0.005	
haihduttimen pesu: RO-retentaatti	-0.074	0.005	
maitojauheen valmistuskerrat	-0.108	0.012	
T1671 Gasti pesu	-0.136	0.018	
puristeherasiilojen S1241 - S1244 pesu	-0.136	0.018	
KPUF: vastaanottokerrat	-0.141	0.020	
kiteytystankkien pesu: RO-tiiviste	-0.178	0.032	
LL07 pesu	-0.443	0.196	
siilo 23 pesu	-0.609	0.371	merkitsevä

KK/vuosi	Päivä	Poikkeamanlaatu ja syy
Ta 11		
	13.1	JML:n suppilosta raakamaitoa viemäriin 14 min
Hel 11		
	25.2	Hapanta pesuliuosta auton karrystä viemäriin iso määrä
	23.2	Emäsluosta emässiiliöstä neutralointiin n.8000 l
Ma 11		
	3.3	Emäspesuliuos vaihdettu, meijerin jäteveden COD kilot 4591
	22.3	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	23.3	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	31.3	Emäspesuliuos vaihdettu, meijerin jäteveden COD kilot 3100
Hu 11		
	15.4	Kurttiivistettä hävinnyt erotuskolonniin menevän kurrin haihdutuksen yhteydessä
	15.4	Jäteveden pH 11,25
	19.4	Kermaa viemäriin ylimääräisen vesityksen johdosta KPL linjalta n.500 l
To 11		
	19.5	Hälytys meijerin jätevedessä, ei syytä selvillä, tuorejuustoa ei valmistettu, haihturilla paljon pesuja
	20.5	Noin 1800 litraa mennyt typpihappoa (1%) viemäriin vastaanoton pesukeskuksesta
	30.5	Hälytys meijerin jätevedessä, ei syytä selvillä, tuorejuustoa ei valmistettu
	31.5	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
Ke 11		
	3.6	Kermaa viemäriin kermanpastöörilinjalta venttiilikosta johtuen
	8.6	Hälytys meijerin jätevedessä, KPUF 500 l viemäriin ja letkurikosta johtuen peretikkahappoa viemäriin, lisäksi pesut KL5, KML, S1606, VL11
	14.6	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä, herankuivausta ja haihdutusta ollut
	15.6	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä, herankuivausta ja haihdutusta ollut
	24.6	Kerman näytteenotonippa auki, kermaa viemäriin n.150l
He 11		
	13.7	Tuorejuustomassaa viemäriin 80 kg
	20.7	Sähkökatkoksesta johtuen linjoihin jäi paljon maitoraaka-ainetta, jotka jouduttiin ohjaamaan viemäriin
	24.7	Rehuheratiivistettä viemäriin n.1500 L
Ei 11		
	1.8	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	4.8	Raakamaitoa viemäriin näytteenotonipan kautta noin 800l
	20.8	Raakamaitoa viemäriin näytteenotonipan kautta
	22.8	Nanoheratiivistettä viemäriin siilovuodosta johtuen 15000l
	30.8	Kerman näytteenotonippa auki, kermaa viemäriin n.4000l
Sy 11		
	2.9	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	8.9	KPUF viemäriin 500 litraa, josta hälytys meijerilinjalta
	14.9	Venturin pesusta tullut hälytys jäteveden meijerilinjalta
	16.9	Proteiinijaetta viemäriin lastauksen yhteydessä venttiilivian vuoksi 4800l
	16.9	Venturin pesusta tullut hälytys jäteveden meijerilinjalta
	21.9	KL5:sen lingon laukaisut tunnin ajan viemäriin
Lo 11		
	9.10	JML suppilolta viemäriin raakamaitoa
	24.10	Proteiinijaetta viemäriin lastauksen yhteydessä venttiilivian vuoksi 200l
	25.10	Vastaanoton ilmaneroittajan tyhjennysventtiili jäänyt auki ja raakamaitoa mennyt viemäriin auton purun yhteydessä 2800l
Mar 11		
	4.11	Näytteenottoventtiili vuotanut, raakamaitoa viemäriin
	14.11	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	16.11	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	17.11	Hälytys meijerilinjalta, Juustopölyä mennyt viemäriin laitteista S14, KL5, S1126 ja S13
	25.11	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
Jo 11		
	9.12	Meijerin jäteveden pH 11,95
	9.12	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	20.12	Meijerin jäteveden pH 12.25
	22.12	Juustopölyä mennyt viemäriin siilosta S14

KK/vuosi	Päivä	Poikkeamanlaatu ja syy
Ta 12		
	12.1	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
	17.1	Heratiivistettä viemäriin pumppuongelmasta johtuen
	19.1	Haihduttajan viasta johtuen 1000 l nanoheratiivistettä viemäriin
	20.1	Kiteytystankin sekoittajan viasta johtuen kiteytystankin pohja huuhdeltu viemäriin
	23.1	JML venttiilivuoto
	23.1	Pölylingolta juustopölyä viemäriin
Hel 12		
	1.2	S1411 viemäriin noin 5000l kuorittua maitoa
	3.2	Hälytys meijerin jätevedessä, ei varmaa syytä, todennäköisesti proteiinijakeen lastauksesta johtuva
	8.2	Hälytys meijerin jätevedessä, ei varmaa syytä, todennäköisesti proteiinijakeen lastauksesta johtuva
	10.2	Nanon retentaattisäiliöstä ylivuotoputken kautta heraa viemäriin
	18.2	Noin 2000 litraa raakamaitoa viemäriin venttiilirikosta johtuen
	20.2	Venttiiliviasta johtuen 2000l raakamaitoa viemäriin
	28.2	Kurria viemäriin S23 venttiiliviasta johtuen
Ma 12		
	4.3	Hälytys meijerin jätevedessä, menossa olivat kerman- ja nanonlastaus, pesut: S1415, S1801, PL101 ja PL501
	6.3	Vastaanoton ilmaneroittajan tyhjennysventtiili jäänyt auki ja raakamaitoa mennyt viemäriin auton purun yhteydessä 1970 l
	13.3	Seisokin venttiilihuollosta johtuen raakamaitoa pääsi viemäriin, syynä tiedokulun puute
	15.3	Venttiilivika maidon vastaanotossa, raakamaitoa viemäriin
	19.3	Siilo vuoto, maitoa viemäriin 700l
	21.3	Maidon vastaanotossa maitoa viemäriin n.800l
	22.3	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
Hu 12		
	6.4	Venturin pesusta aiheutunut COD-hälytys
	5.4	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
To 12		
	7.5	S11 siilon venttiili vuotanut ja raakamaitoa mennyt viemäriin, määrää ei pysty arvioimaan
	16.5	Käyttäjävierheestä johtuen proteiinijaetta viemäriin 1800 l
	17.5	Siilosta S11 siirrettä maito linjaa Lo7 pitkin ja huomattu, että venttiili vuotaa, raakamaitoa viemäriin n.190l
Ke 12		
	12.6	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
He 12		
	3.7	Venttiiliviasta johtuen, maidonvastaanoton yhteydessä raakamaitoa viemäriin, maidon määrää vaikea arvioista
	10.7	Siilosta S14 valui heraa viemäriin n.7000 l, koska inhimillisen erehdyksen vuoksi pohjahana oli unohtunut auki
	20.7	JML linjan ollessa kierrolla, suppilolta meni raakamaitoa viemäriin.
	22.7	Nanoheratiivistettä viemäriin 2000 l, koska venttiili ei avannut reittiä siiloon S01
El 12		
	17.8	KPUF siirron ja linjan 7 pesussa huomaamattomuusvirhe ja hälytys tullut COD-piikistä
	18.8	Venturin pesusta aiheutunut COD-hälytys
	23.8	Likaisen emäspesuliuksen vaihdon yhteydessä tullut COD-piikki
Sy 12		
	27.9	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä
Lo 12		
Ma 12		
	13.11	Kermaa päässyt näytteenottoventtiiliin kautta viemäriin n.100 l
Jo 12		
	7.12	Venttiilivika kermanlastauksen yhteydessä, viemäriin menneen kerman määrää vaikea arvioida
	22.12	Venttiiliviasta johtuen, maidonvastaanoton yhteydessä raakamaitoa viemäriin, maidon määrää vaikea arvioista
	27.12	Hälytys meijerin jätevedessä, ei näkyvää syytä

Pesukohde	Lukumäärä	Pesukohde	Lukumäärä
Raakamaitosiilot S02-S12, S18 - S19 ja S23	11 230	Tuorejuusto: T1672 Trepko	1 158
Auton siilopesu VL13	9 986	KML huuhtelu-/pesukerrat	1 151
Siiloputkistojen pesujen lukumäärä	9 894	Tuorejuusto: tasausäiliö S1611	1 034
Auton siilopesu VL14	8 587	Puristeherasiilot S1241 - S1244	1 021
Auton siilopesu VL11	7 334	Tuorejuusto: massalinja	999
Auton siilopesu VL12	5 976	Laukaisujätebaktofuugi LJB	998
Siilot S10 - S14	5 205	Tuorejuusto: vaakasäiliö S1606	995
Lastauslinja LLO7	4 958	Tuorejuusto: mixeri S1607	990
Vastaanottolinjat VL 11 - VL16	4 923	Tuorejuusto: maustekattila S1610	969
Auton siilopesu VL15	4 751	Laktoosisäiliöt S1421-S1425	953
Auton siilopesu VL16	4 081	Tuorejuusto: T1673 Sanko	811
JML huuhtelu-/pesukerrat	3 791	Tuorejuusto: kermäsäiliöt S1601-S1602	805
Kermanpastörintilinja KPL	3 585	Jaesäiliöt S1921 - S1933	778
Kermanvälisiilot S1138 ja S1139	3 578	RO-retentaatti siirtolinja 103	687
Tuorejuusto: pakkaussäiliöt S1612-S1615	3 103	Laktoosijakeen lastauslinja 206	572
Kiteytystankit S1411 - S1420	3 100	Kolonnin syöttölinja 204	563
Korkeapastööri	3 019	Tuorejuusto: voinsulatussäiliö S1604	536
Kuoritunheran varastointi siilot S11 - S14	2 884	Proteiinijakeen siirtolinja 102	517
Kermanlastauslinja LL1011	2 840	Heratiivisten lastauslinja PL310	468
Herankuorintalinja KL5	2 693	Takaisinpesuvesisäiliö S1930	465
Herakermäsäiliöt S1126 - S1127	2 669	Tiivisten siirtolinja 105	461
Tuorejuusto: rahkakontit 1 ja 2	2 396	Massansiirtolinja 313	444
Proteiinisäiliöt S1432 - S1437	2 271	Tornin syöttösäiliö S1802	432
Haihduttimen huuhtelu-/pesukerrat	2 071	Tuorejuusto: T1671 Gasti	391
Siirtolinja haihduttimelta 101	1 695	Sumuttajanputkisto 502	386
Kermasiilot S21 ja S22	1 578	RO-retentaattisiilo S23	330
Heratiivistesäiliöiden S01 - S02 edustaputket	1 424	Proteiinisäiliöiden S1431 - S1437 edustaputkisto	303
Heratiivistesiiilot S01 - S02	1 413	UF siirtolinja vakiointiin	293
Herakermanpastörintilinja HKPL	1 400	Venturin pesu	273
Huuhdekeräyslinja	1 387	Erotuskolonnit S1921 ja S1944	256
Herakermanputkisto	1 382	P.hera haihturille TJH	208
Tuorejuusto: pakkkauslinja 1	1 225	KPUF-säiliö S1221	201
Autoonlastauslinja KL	1 220	UF-vastaanotto putkisto	165
Esiprosessi 310	1 205	KPUF:n WPC siirtolinja	164

yhteiskäsittelyn pesukeskuksen linja CIP 1-4							
pesulinja	pesu	pesuvirtaus (l/h)	maitoraaka-aine jonka jäljiltä pesu	johtokyky (ms) max	huuhdekeräilyn käynnistyminen	huudekeräily-aika	huuhtelu-lämpötila (°C)
CIP 1	S1433	15000	proteiini-jae	3,61	kyllä	n.10s	n.10
	S1435	15000	proteiini-jae	1,49	kyllä	n.6s	n.15
	korkeapastööri	12000	maito	5	kyllä	n.1min	n.25
	S1437	15000	l.lu.k.maitojuomapohja*	3	kyllä	n.1min	n.23
	S1435	15000	proteiini-jae	1,56	kyllä	n.1min	n.12
	S1434 edusta	16000	proteiini-jae	1,15	kyllä	n.2s	n.10
	S1432	15000	proteiini-jae	8,9	kyllä	n.1min	n.13
	S1435 edusta	16000	proteiini-jae	5,04	kyllä	n.10s	n.8
	S1437 edusta	16000	proteiini-jae	4,18	kyllä	n.10s	n.15
	S1436	16000	l.lu.k.maitojuomapohja*	2,25	kyllä	n.10s	n.18
	S1437	15000	l.lu.k.maitojuomapohja*	4,7	kyllä	n.1min	n.20
	S1435	15000	proteiini-jae	1,3	ei		n.12
	S1432	15000	proteiini-jae	9,72	kyllä	n.1min	n.10
	S1433	15000	proteiini-jae	3,94	kyllä	n.15s	n.10
	S1432	15000	proteiini-jae	10	kyllä	n.1min	n.10
CIP 2	S03	23500	raakamaito	2,5	ei		6 - 9
	S01	25000	hera	0,8	ei		n.6
	S03	23500	raakamaito	2,5	ei		6 - 9
	S06	23500	raakamaito	2,6	ei		n.6
	S05	23500	raakamaito	2,9	ei		n.10
	S06	23000	raakamaito	4,5	kyllä	n.12s	n.10
	S06	23000	raakamaito	7,8	kyllä	n.1min	n.10
	S02	21000	raakamaito	2	ei		10-15
	S04	23000	raakamaito	2,2	ei		n.12
	S04	23000	raakamaito	4,4	kyllä	n.4s	n.15
	S05	23000	raakamaito	2,7	ei		n.18
	S05	23000	raakamaito	1,7	ei		n.20
	S01	23000	hera	0,4	ei		n.8
	S09	23000	raakamaito	9,9	kyllä	n.30s	n.10
CIP 3	VOUF-linja	16000	KPUF	0,5	ei		6 - 19
	HKPL	6500	herakerma	3,6	kyllä	n.11s	n.10 - 16
	HKPL	6500	herakerma	2,9	ei		n.12
CIP 4	S1139	21000	kerma	2,73	kyllä	n.4s	20 - 30
	S1127	12000	herakerma	0,38	ei		n.15
	S1127	12000	herakerma	0,39	ei		n.15
	S1126	13000	herakerma	2,51	ei		n. 5 - 10
	S1126	13000	herakerma	1,2	ei		n.10
	S1138	21000	kerma	2,5	kyllä	n.1min	n.15
	S1138	21000	kerma	1,78	kyllä	n.30s	n.20
	autoonlastauslinja KL	20000	l.lu.k.maitojuomapohja*	5,99	kyllä	n.10s	n.7
	autoonlastauslinja KL	20000	proteiini-jae	0,7	ei		n.13
	autoonlastauslinja KL	20000	l.lu.k.maitojuomapohja*	1,7	ei		n.18
	autoonlastauslinja KL	20000	l.lu.k.maitojuomapohja*	10	kyllä	n.10s	n.30

* = laktoositon luomu kevytmaitojuomapohja

yhteiskäsittelyn pesukeskuksen linja CIP 4-8							
pesulinja	pesu	pesuvirtaus (l/h)	maitoraaka-aine jonka jäljiltä pesu	johtokyky (ms) max	huuhdekeräilyn käynnistyminen	huuhdekeräily-aika	huuhtelu-lämpötila (°C)
CIP 5	S11	21000	raakamaito	0,8	ei		10 - 24
	S13	21000	hera	6,5	kyllä	n. 2s	20 - 25
	S13	21000	hera	3,2	ei		n.25
	S10	21000	raakamaito	5,2	kyllä	n.1min	n.10
	S14	21000	hera	0,7	ei		n.15
	S1242	25000	rehuhera	1,7	ei		n.15
	S1244	20000	rehuhera	1	ei		n.15
	S12	21000	raakamaito	2	ei		n.20
	S14	21000	hera	9,8	kyllä	n.1min	n.20
	S06 edusta	21000	raakamaito	3,4	kyllä	n. 3s	n. 25
CIP 6	S10 edusta	21000	raakamaito	0,7	ei		10 - 24
	S06 edusta	25000	raakamaito	2,8	kyllä	n. 2s	n. 6
	S07 edusta	25000	raakamaito	0,3	ei		n. 10
	L07	32000	hera	2,6	ei		6
	L07	32000	raakamaito	0,1	ei		n.5
	S05 edusta	25000	raakamaito	2,5	ei		n.5
	S01 edusta	32000	hera	0,1	ei		n.9
	S05 edusta	32000	raakamaito	5,1	kyllä	n.2s	10-16
	S1241	20000	puristehera	0,3	ei		n.15
	S1244	20000	puristehera	5	ei		n.15
	S1243	20000	puristehera	0,5	ei		n.16
	L07	32000	hera	0,49	ei		n.15
	L07	32000	hera	4,5	ei		n.10
	S12 edusta	21000	raakamaito	4,4	ei		n.10
	S04 edusta	25000	raakamaito	0,2	ei		n.10
	S13 edusta	25000	hera	3,2	kyllä	n.4s	n. 15
	S09	25000	raakamaito	0,2	ei		n.10
	S05 edusta	23300	raakamaito	0,2	ei		n.10
	S10 edusta	25000	raakamaito	11,5	ei		n.10
	L1011	25000	proteiinijae	2,5	kyllä	n.10s	n.10
	S06 edusta	25000	raakamaito	0,2	ei		n.12
	S04 edusta	25000	raakamaito	1,8	ei		n.8
	S03 edusta	25000	raakamaito	0,3	ei		n.8
	S10 edusta	25000	raakamaito	1,9	ei		n.10 - 15
	S05 edusta	25000	raakamaito	4,3	kyllä	n.5s	n.20
	S07 edusta	25000	raakamaito	1,1	ei		n.12
	S12 edusta	25000	raakamaito	1,1	ei		n.15
	L07	32000	RO-retentaatti	18,5	kyllä	n.30s	n.6
	S06 edusta	25000	raakamaito	4,9	kyllä	n.6s	n.8
	S01 edusta	25000	hera	6,1	kyllä	n.5s	n.15
	S07 edusta	25000	raakamaito	0,5	ei		n.10
CIP 7	S24	15000	KPUF	0,4	ei		n. 9
	S25 edusta	20000	KPUF	0,03	ei		n.10
	KPL	7000	kerma	0,3	ei		n.20
	KPL	7000	kerma	0,6	ei		n.20
	S21	12000	kerma	0,3	ei		n.17
	S23	21000	RO-retentaatti	3,6	kyllä	n.1min	n.10
	S22	21000	kerma	1,6	kyllä	n.10s	n.10
	KPL	7000	kerma	0,21	ei		n.15-20
	S23	21000	RO-retentaatti	0,48	ei		n.10
	KPL	7000	kerma	0,3	ei		n.20
	S23	21000	RO-retentaatti	2,4	ei		n.15
	JML	41000	maito	0,4	ei		n.20
CIP 8	KL5	35000	hera	4,95	kyllä	n.5s	n.10
	KL5	41000	hera	5	kyllä	n.10s	n.10
	KL5	41000	hera	4,3	kyllä	n.5s	n.9
	JML	41000	maito	0,28	ei		n.10

hera ja jauhe osaston pesukeskus			
pesulinja	pesu	maitoraaka-aine jonka jäljiltä pesu	johtokyky (ms) max
CIP 1	101	RO-retentaatti 9%	20
	101	kromatograafinen rasvaton maito	3,6
	101	maitojauhe maito	1,2
	102 proteiinijakeen siirtolinja	proteiinijae	6,7
	101	RO-retentaatti 16%	100
	105	rehuhera	1,5
	101	maitojauhe maito	1,2
	103 RO-retentaatin siirtolinja	RO-retentaatti	42,3
	103 RO-retentaatin siirtolinja	RO-retentaatti	40,8
CIP 2	S1930	kolonnin pesuvedet	8,9
	S1802	maitojauhe maito	9,2
	S1802	tiivistetty hera	16,2
	S1802	maitojauhe maito	9,3
	S1932	kromatograafinen rasvaton maito	6,3
	S1933	proteiinijae	8,1
	204 kolonnin syöttölinja	kromatograafinen rasvaton maito	9,3
	S1802	tiivistetty hera	7
CIP 3	S1413	RO-retentaatti 9%	16,4
	S1416	RO-retentaatti 9%	3
	311 esiprosessi	hera	4,6
	311 esiprosessi	hera	5
	S1415	RO-retentaatti 9%	9,5
	S1414	RO-retentaatti 9%	43,4
	310	RO-retentaatti 9%	2,5
	S1416	maitojauhe maito	5
	313 massalinta	maitojauhe maito	12,4
	S1415	tiivistetty hera	6,9
	313 massalinta	tiivistetty hera	20
	S1414	tiivistetty hera	22,6
	S1417	kromatograafinen rasvaton maito	13,4
	S1415	kromatograafinen rasvaton maito	3,9
	S1414	kromatograafinen rasvaton maito	4,3
	313 massalinta	tiivistetty hera	10,3
	S1416	tiivistetty hera	33,2
	S1420	rehuhera	14,2
	S1418	rehuhera	12
	310	rehuhera	4,4
	S1413	rehuhera	4,3
	S1417	maitojauhe maito	8,9
	313 massalinta	maitojauhe maito	11,2
CIP 5	sumuttajanputket	maitojauhe maito	9
	venturi	jauhepöly	28
	haihduttaja	RO-retentaatti 9%	83
	haihduttaja	kromatograafinen rasvaton maito	100
	haihduttaja	maitojauhe maito	3,6
	sumuttajanputket	tiivistetty hera	10,9
	venturi	herajauhepöly	33
	haihduttaja	RO-retentaatti 16%	100
	haihduttaja	maitojauhe maito	4,3

	tammi			helmi			maalis			huhti			touko			kesä			heinä			elo			syys			loka			marras			joulu			erityistä	
2008																																	toukok. hallaa vähän hellettä					
2009										min COD		max COD																										pitkä pakkas-jakso
2010					min COD			max COD																										helteinen kesä				
2011	max COD																																min COD	helmik. kylmä jouluk. lauha				
2012																					min COD						max COD						min COD	sateinen kesä				

Vuosikohtaiset COD-maksimit ja minimi suhteutettuna vastaavien vuosien tammikuun raakamaidon määrään (Ilmatieteenlaitos 2013a)

	terminen talvi Valion Joensuun meijerin maidon keräilyalueella
	terminen talvi/kevät tai terminen syys/talvi -siirtymäkausi Valion Joensuun meijerin maidon keräilyalueella
	terminen kasvukausi Valion Joensuun meijerin maidon keräilyalueella
	termisen kasvukauden alku- ja loppusiirtymäkausi Valion Joensuun meijerin maidon keräilyalueella

Termiset vuodenajat (Ilmatieteenlaitos 2013b):

- kevät alkaa: vuorokauden keskilämpötila pysyvästi 0 asteen yläpuolelle
- kesä alkaa: vuorokauden keskilämpötila pysyvästi +10 asteen yläpuolelle
- syys alkaa: vuorokauden keskilämpötila pysyvästi +10 asteen alapuolelle
- talvi alkaa: vuorokauden keskilämpötila pysyvästi 0 asteen alapuolelle
- terminen kasvukausi alkaa: lumi on sulanut aukeilta paikoilta ja vuorokauden keskilämpötila pysyvästi yli +5 asteen, seuranta-aika terminen kasvukausi päättyy: vuorokauden keskilämpötila pysyvästi +5 asteen alapuolelle tai pysyvä lumipeite

	COD mg/l	BOD mg/l	Fosfori mg/l	Valkuainen %	Hiilihydraatti %	Rasva %	Nitraatti mg/l
Raakamaito	225000	130000	950	3,5	4,5	4,3	
Maidot ja kermat							
Rasvaton maito	100000	75000	950	3,5	4,5	0,1	
Kattilamaito rasvaa alle 1,7%	130000	80000	950	3,4	4,5	1,7	
Kattilamaito rasvaa yli 1,7%	180000	120000	950	3,4	4,5	3,7	
Herakerma	800000	360000	320	1,2	2,8	25	
Kerma	1150000	515000	500	2	2,55	37	
Herat							
Hera	60000	42000	380	0,7	4,5	0,3	
Nanoheratiiviste	230000	160000	1100	2,4	17,3	0,25	
Rehuheratiiviste	230000	160000	1100	2,4	17,3	0,25	
Massat ja valmisteet							
Juustomassa	180000	120000	950	3,4	4,5	3,7	
Rahka	330000	220000	2250	14	5,3	0,5	
Tuorejuustomassa	850000	425000	1000	7	3	29	
Maitoproteiinijae	95000	61750	1547	5,7	1,6	0,1	
KPUF- ja UF maitoproteiiniivisteet	240000	140000	2500	12	5	0,2	
Laktoosijae	120000	120000	200	0,6	12,3	0	
Laktoosijaetiiviste	330000	330000	538	1,6	33	0	
Suolavesi	29000	20300	0	0,2	1,7	0,012	
Pesuliuokset							
Happopesuliuos max 1,5 %	100	0	60	0	0	0	15000
Väkevä typpihappo							808000
Lipeäpesuliuos n. 1 %	700	0	0	0	0	0	
Haihduttajan pesulipeä 2%	900	0		0,05			
Väkevä lipeä							
Väkevä suolahappo							